



Aalto-yliopisto
Kemian tekniikan
korkeakoulu

Kemian tekniikan korkeakoulu
Kemian tekniikan koulutusohjelma

Ville Rönkkö

ALKOHOLIJUOMATEHTAAN JÄTEVESIKUORMAN PIENENTÄMINEN

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi diplomi-insinöörin tutkintoa varten Espoossa 1.8.2016.

Valvoja

Professori Olli Dahl

Ohjaajat

FM Juha Kahima
TkT Antti Nyyssölä

Tekijä Ville Rönkkö

Työn nimi Alkoholijuomatehtaan jätevesikuorman pienentäminen

Laitos Biotekniikan ja kemian tekniikan laitos

Professuuri Teollisuuden ympäristöasioiden hallinta

Professuurikoodi Puu-127

Työn valvoja Prof. Olli Dahl

Työn ohjaaja(t)/Työn tarkastaja(t) FM Juha Kahima ja TkT Antti Nyyssölä

Päivämäärä 1.8.2016

Sivumäärä 84

Kieli Suomi

Tiivistelmä

Tässä diplomityössä tutkittiin Altian Rajamäellä sijaitsevan alkoholijuomatehtaan jäteveden biologisen hapenkulutuksen pienentämistä. Tehtaalla ei valmisteta alkoholijuomia raaka-aineista, kuten sokeri hiiva ja vesi, vaan tehtaan toimintoja ovat lähinnä väkiviinan sekoitus ja maustaminen. Tästä johtuen tehtaan jätevedet ovat koostumukseltaan erilaisia, kuin esimerkiksi panimoiden tai tislaamojen jätevedet. Tehtaan jätevesikuorman suurin aiheuttaja on tehtaalta viemäriin pääsevä etanoli. Tämä työ keskittyy lähinnä sellaisten keinojen etsimiseen, joilla tehtaan tuotteita tai puolivalmisteita joutuu viemäriin mahdollisimman vähän.

Työn aikana tehtiin jätevesiselvitys, jossa arvioitiin tehtaan eri toimintojen aiheuttamaa jätevesikuormaa. Mittarina käytettiin COD-pitoisuutta ja –kuormaa. Suurimmat jätevedenkuormittajat löytyivät tehtaan nesteraaka-aineiden vastaanotosta ja mausteiden uutosta ja tislauksesta. Lisäksi havaittiin, että suuri osa jätevesikuormasta tulee pienistä jätevesilähteistä, joiden jätevesikuorman syntyä on hankala ehkäistä erityisillä toimilla. Sen sijaan henkilöstön koulutus ja jätevesiongelmasta tiedottaminen ovat tärkeitä työkaluja tällaisen jäteveden vähentämisessä.

Raaka-aineiden vastaanoton aiheuttama jätevesikuorma saadaan työssä esitellyillä toimenpiteillä poistettua yli 90 prosenttisesti ja mausteuuttojen ja tislausten kuormaa pienennettyä noin puoleen. Koko tehtaan jätevesikuorma pienenee lisätoimenpiteillä yhteensä jopa 34 %.

Avainsanat COD, BOD, BHK, jätevesikuorma, alkoholijuomatehdas,

Author Ville Rönkkö		
Title of thesis Lowering the waste water load of an alcoholic beverages manufacturing facility		
Department Department of Biotechnology and Chemical Technology		
Professorship Environmental technology within process industry	Code of professorship	Puu-127
Thesis supervisor Prof. Olli Dahl		
Thesis advisor(s) / Thesis examiner(s) Ph.M. Juha Kahima and D.Sc. Antti Nyyssölä		
Date 01.08.2016	Number of pages 84	Language Finnish

Abstract

This is a study of lowering the waste water (BOD) load of Altias alcoholic beverages plant in Rajamäki. In the plant, there is no actual manufacture of alcoholic beverages but mixing and flavouring of spirits. Due to this fact the waste waters coming from the plant are different from those of breweries or distilleries. The major pollutant contributing to the waste water load of the plant is ethanol. This study focuses on finding methods to avoid product or intermediate loss to the sewer system.

During the study a waste water survey was made. In the survey estimations of waste loads of different activities within the plant were made. The indicators used were COD content and load. The largest contributors were the process of receiving wet goods and distillation and extraction of spices. It was also noticed that a major part of the waste water load comes from smaller sources. It is difficult to assign specific measures to eliminate these loads. Therefore educating the staff and informing about the problem take acquires a stronger role as tools to lower the loads originating from these sources.

The waste water load of receiving wet goods and distilling and extracting spices can be lowered by over 90 % and 50 % respectively using methods described in this paper. The waste water load of the whole facility can be lowered by 34 %.

Keywords COD, BOD, waste water, waste load, alcoholic beverages factory,

Alkusanat

Olen sanaton. Työ on vihdoinkin 10 kuukauden jälkeen valmis. Matkan varrelle mahtuu paljon vaikeita, mutta myös palkitsevia hetkiä. Tämä on ollut melkoinen rupeama, mutta nyt kun työ on valmis, haluaisin vain viilata sitä loputtomiin. Nyt on kuitenkin aika palauttaa työ ja valmistua diplomi-insinööriksi!

Haluan kiittää kaikkia, jotka ovat osaltaan auttaneet tämän työn valmistumisessa. Erityiskiitokset annan seuraaville henkilöille.

Kiitos Arille tehtaan jätevesijärjestelmien esittelystä.

Kiitos Altian Rajamäen tehtaan ympäristöasiantuntijalle Milja Karhulle kaikesta tiedosta ja neuvoista. Olit käytännössä työn kolmas ohjaaja.

Kiitos Jukalle Timolle ja Hannalle mukavista työpäivistä.

Kiitos ohjaajilleni Juha Kahimalle ja Antti Nyyssölälle lukuisista kannustavista kommentteista ja ohjeista.

Kiitos työn valvojalle professori Olli Dahlille monesta tutkimisen arvoisesta ideasta ja työn nopeasta tarkastamisesta.

Kiitos Mikolle viime hetken oikoluvusta.

Kiitos vanhemmilleni tuesta koko opiskelujen ajalta.

Kiitos ABS!

Kiitos kihlatulleni Jasminille rakkaudesta ja tuesta koko opiskelujen ajan.

Espoossa 25.7.2016

Ville Rönkkö

Sisällys

1 Johdanto.....	1
KIRJALLISUUSOSA.....	3
2 Jätevedet	3
2.1 Jäteveden laatu ja kuormitus	3
2.1.1 Jäteveden laatuparametrit.....	3
2.1.2 Orgaaninen aines	6
2.1.3 Kiintoaine	9
2.1.4 Ravinteet	9
2.1.5 Kuormituksen mittaaminen ja luparajojen asettaminen.....	9
2.2 Jätevedet elintarviketeollisuudessa	10
2.2.1 Elintarvikkeellisuuden jäteveden laatu	11
3 Jätevedet alkoholijuomien valmistuksessa	14
3.1 Yleistä	14
3.2 Tislaamot	16
3.2.1 Tislaamoiden jäteveden laatu	17
3.3 Oluen paneminen.....	18
3.3.1 Panimoiden jäteveden laatu	19
3.4 Viinin valmistus	20
3.4.1 Viinin valmistuksen jätevesien laatu	20
3.5 Jäteveden määrän vähentäminen alkoholijuomateollisuudessa	22
4 Jätevesien käsittely	24
4.1 Jätevedenkäsittelyprosessi Klaukkalassa	24
4.1.1 Puhdistusvaatimukset	24

4.2 Fysikaaliset yksikköoperaatiot	25
4.3 Kemialliset yksikköoperaatiot	27
4.4 Biologiset yksikköoperaatiot	27
5 Lainsäädäntö	29
5.1 Vesihuoltolaki ja yhdyskuntajätevedet	29
5.2 Ympäristölupa	30
5.3 Teollisuusjätevesisopimus.....	31
KOKEELLINEN OSA.....	32
6 Rajamäen tehdasalue.....	32
6.1 Jätevedet Altia Oyj:n tehdasalueella.....	32
6.1.1 Keskuspumppamo ja jäteveden esikäsittely	34
6.1.2 Näytteenotto.....	34
6.2 Yleistä Altian alkoholijuomatehtaan jätevesistä	35
6.2.1 Alkoholijuomatehtaan jäteveden ominaisuuksia	37
6.2.2 Alkoholijuomatehtaan jäteveden etanoli	39
6.2.1 Jätevesipäästöjen ehkäiseminen alkoholijuomatehtaalla	41
7 Alkoholijuomatehtaan jätevesilähteet ja niiden aiheuttama kuorma osastoittain	43
7.1 Valmistusosastot	44
7.1.1 Jätehuoneen kautta kulkevat jätevedet	45
7.2 Pullotus.....	46
7.3 Muut osastot	47
7.4 Tuotteiden COD-arvoja	47
8 Tehdyt toimenpiteet	49
8.1 Toimenpiteet mausteuton jätevesikuorman vähentämiseksi	49

8.2 Toimenpiteitä muualla tehtaassa	52
8.2.1 Matala-alkoholiset tuotteet	52
8.2.2 Piimaan korvaus	53
8.2.3 Nesteraaka-aineiden vastaanotto	53
8.2.4 Pirtupuhallus	54
8.2.5 Muita toimenpiteitä	54
9 Tulokset ja niiden teknillistaloudellinen tarkastelu	56
9.1 Tulostaulukko	56
9.2 Tulosten pohdintaa	57
10 Johtopäätökset	60
11 Yhteenveto	62
12 Lähteet	64

LIITTEET

LIITE 1 Alkoholijuomatehtaan jäteveden COD-kuorma

LIITE 2 Neutralointihuoneen kautta kulkevan jäteveden COD-kuorma

LIITE 3 Mausteututujen ja tislausten aiheuttama COD-kuorma

LIITE 4 Alkoholijuomatehtaan etanolipäästöt

LIITE 5 Neutralointihuoneen etanolipäästöt

LIITE 6 Alkoholijuomatehtaan jätevesipäästöjen lähteet ja osuudet

LIITE 7 Alkoholijuomatehtaan päästöjen vähentäminen

1 Johdanto

Altian alkoholijuomatehdas (AJT) on Nurmijärven Rajamäellä toimiva laitos, joka valmistaa ja pullottaa alkoholijuomia sekä muutamia alkoholittomia juomia. Vuonna 2015 tehtaan tuotanto oli 64,4 miljoonaa litraa. Altian omat tuotteet tehdään valtaosin Koskenkorvalla valmistetusta väkiviinasta.

Tehtaalla ei varsinaisesti valmisteta tuotteita raaka-aineista, vaan sekoitetaan ja maustetaan Koskenkorvan tislaamalla valmistettua väkiviinaa. Näin ollen myös tehtaan jätevesi on koostumukseltaan ainutlaatuista, mutta kuitenkin samankaltaista kuin perinteisten alkoholivalmistajien kuten panimoiden, viinitilojen ja tislaamojen jätevesi. Työn kirjallisuudessa käsitellään, paremman vertailukohteen puuttuessa, panimoiden, viinitilojen ja tislaamoiden jätevesien laatua. Lisäksi käsitellään elintarviketeollisuuden jätevesien laatua ylipäänsä ja jätevesien puhdistusta sekä jätevesilainsäädäntöä.

Altian alkoholijuomatehtaan jätevesipäästöt ovat viime vuosina kasvaneet kasvaneen tuotantokapasiteetin vuoksi huomattavasti ja tehtaalle (tehdasalueelle) annetut jätevesien raja-arvot ovat useaan otteeseen ylittyneet. Ongelmana on ollut erityisesti jäteveden korkea biologisen hapenkulutuksen kuorma.

Työn lähtökohtana oli ongelma, joka syntyi, kun vuonna 2013 Altia sulki tehtaansa Tanskassa ja kaikki kyseisellä tehtaalla tuotetut tuotteet siirrettiin Rajamäelle. Näin Rajamäen tuotanto kasvoi huomattavasti varsinkin glögien, viinien ja akvaviittien osalta. Glögit ja akvaviitit sisältävät monia uutteita ja tisleitä. Mauste-uutot ja tislaukset ovatkin lisääntyneet tehtaalla huomattavasti. Mauste-uutoissa mausteita uutetaan vesi-etanoli seoksella määrätyn aikaa, jonka jälkeen uutosto otetaan talteen ja jäljelle jäävä maustemassa kompostoidaan. Ongelmaksi muodostuu mausteiden tarttuminen uutospannuun, jolloin niitä joudutaan käsittelemään suurilla vesimäärillä. Tästä syntyvien jätevesien COD-

pitoisuus voi nousta jopa 107 000 mg/ml-pitoisuuksiin. Työn aikana selvisi, että mausteuttojen ja tislauksen jätevedet vastaavat noin 9 % koko tehtaan vesipäästöjen COD-kuormasta. Lisäksi tällainen kuormitus aiheuttaa piikin jäteveden näytteenotossa, jolloin jätevesikuormituksen kuukausikeskiarvo voi nousta yli luparajojen. Työn aikana ilmeni myös, että ongelmia ei ole pelkästään mausteuton ja tislauksen tuottaman jäteveden kanssa. Näin ollen tehtaalla tehtiin jätevesikartoitus ja sen avulla määritettiin suurimmat jätevesilähteet ja selvitettiin mahdollisuuksia niiden vähentämiseen.

Työssä keskitytään ainoastaan jäteveden BOD-kuorman pienentämiseen. Työssä puhutaan kuitenkin COD-kuormasta sillä se on huomattavasti helpompi mitattava ja työn aikana onnistuttiin määrittämään selvä korrelaatio COD- ja BOD-pitoisuuden välille. Työn aikana tehtiin jätevesien COD-kuorman vähentämiseksi muutamia toimenpiteitä. Ennen tätä kuitenkin varmistettiin omaseurantaan käytettyjen mittausten tarkkuus ja näytteenoton toimivuus. Tässä työssä on tarkasteltu koko tehtaan jätevesilähteitä ja niistä tulevien jätevesien vähentämisen mahdollisuuksia.

Työn tavoitteena oli selvittää jätevesilähteitä tehtaalla ja selvittää toimenpiteitä niiden poistamiseksi ja pienentämiseksi. Päästölähteistä koottiin taulukko, jonka perusteella etsittiin mahdollisimman tehokkaita toimenpiteitä jätevesikuorman pienentämiseksi. Toimenpiteiden vaikutus kirjattiin toiseen taulukkoon.

KIRJALLISUUSOSA

2 Jätevedet

Vesien laatua määritetään veden kemiallisilla ja fysikaalisilla ominaisuuksilla. Samoja mittareita käytetään sekä luonnon-, talous-, juoma- että jätevesille. Jätevedet eroavat luonnonvesistä siten, että ne ovat yleensä huomattavasti väkevämpiä liuenneiden komponenttien suhteen. Jätevesissä on aineita, joita ei luonnonvesissä juurikaan ole (Isoaho, Valve 1988). Jätevesi koostuu sen syntypaikalla käytetystä vedestä ja se kuljettaa myös muuta materiaalia mukanaan jätevesilaitokselle (Puolamaa, Määttä 1995).

Teollisuusjäteveden laatu poikkeaa yhdyskuntajätevedestä. Teollisuusjäteveden lähteitä ovat esimerkiksi elintarvike-, metalli-, kemian- ja metsäteollisuuden toimipaikat. (Lindberg 2013)

2.1 Jäteveden laatu ja kuormitus

Jätevedet sisältävät kuormitustekijöitä, joilla on erilaisia ympäristövaikutuksia. Jätevettä voidaan kuvata useilla eri laatuparametreilla. Laatuparametreilla, jotka kuvaavat jonkin aineen pitoisuutta jätevedessä, on kuitenkin hankala kuvata jäteveden mukanaan tuomaa absoluuttista kuormaa. Siihen käytetään kuormitusta kuvaavia yksiköitä, kuten kg/d tai m³/tuotetta, joiden selvittämiseksi tarvitaan myös tieto jäteveden määrästä eli virtaamasta, esimerkiksi m³/d. (Laukkanen, Dahl et al. 2013)

2.1.1 Jäteveden laatuparametrit

Jäteveden laatuparametreja on paljon ja niiden pitoisuutta jätevesissä voidaan mitata eri tavoin (Laukkanen, Dahl et al. 2013). Jäteveden määrän eli virtaaman sekä sen sisältämän kiinteän aineen, esimerkiksi hiekan, paperin ja orgaanisen

aineksen lisäksi jäteveden pH, lämpötila, väri, sähkönjohtokyky, ja veteen liuenneet aineet, kuten ravinteet, ovat esimerkkejä jäteveden laatuun vaikuttavista mitattavista tekijöistä. (Lindberg 2013, Isoaho, Valve 1988, Laukkanen, Dahl et al. 2013)

Virtaama kuvaa jätevedenpuhdistamolle saapuvan jäteveden absoluuttista määrää. Virtaamalle sovitaan jätevesisopimuksessa arvo, jota ei saa ylittää. Suuret virtaamat voivat aiheuttaa esimerkiksi aktiivilietteen huuhtoutumisen jätevesilaitokselta. Virtaaman tasaamiseen käytetään tasausaltaita. (Lindberg 2013)

Kiintoaineen määrä jätevedessä vaikuttaa jäteveden virtaamiseen. Suurilla kiintoainepitoisuuksilla virtaus voi hidastua. Kiintoaineen määrä vaikuttaa myös puhdistusprosessiin. Osa kiintoaineesta on biologisesti hajoavaa. Osa taas siirtyy aktiivilietteeseen ja vaikuttaa sen ominaisuuksiin kuten laskeutuvuuteen, kuivaukseen ja sitä kautta hyötykäyttöön (Lindberg 2013). Kiintoaine voi myös konsentroitua aiheuttaen hapettomia oloja jätevesiin tai puhdistamolla (Tchobanoglous, Burton 1991).

Jäteveden **pH** vaikuttaa puhdistamon biologiseen prosessiin. Aktiiviliete ei kestä äkillisiä pH:n muutoksia. Optimaalinen pH-alue aktiivilieteprosessille on 6,5-7,5. (Tchobanoglous, Burton 1991, Lindberg 2013)

Jäteveden korkea **lämpötila** viemäriverkossa nopeuttaa happea kuluttavia kemiallisia ja biologisia reaktioita. Alhainen lämpötila taas hidastaa reaktioita puhdistamolla. Erityisesti typen poistoa tekevät bakteerit kärsivät alhaisesta lämpötilasta. (Lindberg 2013) Jäteveden lämpötila vaikuttaa siihen liukenevan hapen määrään. Mitä lämpimämpää vesi on, sitä vähemmän siihen liukenee happea. Kun kemialliset reaktiot ja mikrobitoiminta vielä nopeutuvat lämpötilan noustessa, voi liian korkean lämpötilan jätevesi aiheuttaa happikadon puhdistamolla, tai ainakin lisätä ilmastuskustannuksia. (Laukkanen, Dahl et al. 2013, Tchobanoglous, Burton 1991) Bakteereille sopiva lämpötila-alue on välillä

25 ja 35 celsiusastetta. Lämpötilan minimi- ja maksimiarvoina bakteeritoiminnalle voidaan pitää 15 ja 50 °C. (Tchobanoglous, Burton 1991)

Jäteveden **väri ja sameus** ovat ennen kaikkea esteettisiä haittoja. Jäteveteen liuenneet orgaaniset kompleksiyhdisteet värjäävät jätevesiä. Väriä on hankala poistaa. (Lindberg 2013). Väri voi myös estää valon pääsyn veteen ja sitä kautta hankaloittaa yhteyttämistä. Sameutta aiheuttaa jäteveden sisältämä hienojakeinen kiintoaine tai emulsiopisararat. Esteettisen haitan lisäksi sameutta aiheuttavat aineet voivat aiheuttaa myös hapenkulutusta, jos ne ovat biokemiallisesti hajoavia. (Laukkanen, Dahl et al. 2013)

Sähkönjohtokyky kertoo jätevedessä olevien ionien määrän. Ioneja tulee jäteveteen esimerkiksi puhdistusaineista ja suoloista (Laukkanen, Dahl et al. 2013, Lindberg 2013).

Ravinteet, kuten **typpi** ja **fosfori**, aiheuttavat ongelmia usein vasta puhdistusprosessin jälkeen. Ravinteita tarvitaan kuitenkin jonkin verran myös aktiivilietteen muodostukseen. Tähän tarvittavat määrät ravinteita tulee kuitenkin jätevedenpuhdistamolle yleensä jo pelkän yhdyskuntajäteveden mukana, joten ylimääräiset ravinteet on poistettava. (Laukkanen, Dahl et al. 2013, Lindberg 2013) Ylimääräiset ravinteet aiheuttavat rehevöitymistä. Fosfori rehevöittää vain liuenneessa muodossa (ortofosfaatti). Osa fosforista on kuitenkin liukenemattomassa muodossa. Typen liukoiset (ammonium- ja nitraattityppi) ja liukenemattomat muodot (orgaanisessa aineksessa) rehevöittävät hajotessaan molemmat. (Laukkanen, Dahl et al. 2013)

Orgaaninen aines kuvaa kaikkia jäteveden sisältämiä orgaanisia aineita. Orgaaninen aines on jäteveden laatutekijä, jota mitataan biologisella tai kemiallisella hapenkulutuksella. Orgaaninen aines siis kuluttaa happea jätevedestä. Biologinen jätevedenkäsittely voi kärsiä suurista orgaanisen aineen päästöistä, kun prosessista loppuu happi. (Lindberg 2013, Laukkanen, Dahl et al. 2013) Jopa 70 - 75 % tavallisen jäteveden sisältämästä kiintoaineesta on orgaanista ainetta (Tchobanoglous, Burton 1991, Gray 2005). Orgaanisesta aineesta

tyypillisesti 65 % on proteiineja, 25 % hiilihydraattia ja 10 % rasvoja (Gray 2005). Jos jätevedenpuhdistamolla on käytössä aerobinen biologinen puhdistusprosessi, vaatii se toimiakseen liuennutta happea tai happipitoisia anioneita toimiakseen. Aktiivilieteprosessissa puhdistamoon saapuva orgaaninen aines hajotetaan aerobisten mikrobien kuten bakteerien, sienten ja alkueläinten avulla. Happi toimii prosessissa elektronin vastaanottajana. Tällöin suuret saapuvat orgaanisen aineen kuormat voivat kuluttaa prosessista hapen loppuun, jolloin sen puhdistusteho heikkenee huomattavasti. (Laukkanen, Dahl et al. 2013, Lindberg 2013, Woodard & Curran 2006)

2.1.2 Orgaaninen aines

Orgaanisen aineen pitoisuus voidaan määrittää monella eri tavalla tarpeen mukaan. Yksi käytetyimmistä testeistä on orgaaninen kokonaishiili (TOC, *engl.* Total Organic Carbon). TOC-määrittämisessä poltetaan jäteveden sisältämät orgaaniset yhdisteet ja mitataan muodostuneen hiilidioksidin määrä. Jos mitataan polttamiseen tarvittava happi, saadaan kokonaishapenkulutus (TOD, *engl.* Total Oxygen Demand). TOD/TOC-suhde kertoo jäteveden orgaanisten aineiden hapettuneisuudesta. TOC- ja TOD-määritykset ovat kalliita, minkä vuoksi orgaanisen aineen pitoisuuden mittaamiseen käytetään yleisesti kahta testiä, joiden periaatteet on esitetty alla. (Laukkanen, Dahl et al. 2013)

Kemiallista hapenkulutusta (**COD**, *engl.* Chemical Oxygen Demand) mitataan hajottamalla jätevesinäytteen orgaaninen aines hapen sijaan vahvalla hapettimella (dikromaatti), jonka kulutus mitataan. Biokemiallinen hapenkulutus (**BOD**, *engl.* Biochemical Oxygen Demand) mittaa biologisesti hajoavan aineksen määrää jätevedessä. BOD antaa parhaan kuvan jäteveden todellisesta hapenkulutuksesta päästön jälkeen. BOD-testissä näytteeseen lisätään orgaanista ainetta syövä mikrobiympäristö ja mitataan hapenkulutus tyypillisesti viiden vuorokauden aikana. Jätevesinäytteen COD on aina suurempi kuin BOD, mutta pienempi kuin TOD. (Laukkanen, Dahl et al. 2013)

BOD:n ja COD:n suhteen perusteella voidaan arvioida jäteveden biohajoavuutta. Jos BOD/COD-suhde on lähellä yhtä, on jätevesi helposti biohajoavaa, jos suhde on hyvin pieni, kertoo se huonosti biohajoavasta jätteestä. (Chin cop. 2006)

Biologisen hapenkulutuksen mittaamiseen on kaksi yleisesti käytettyä menetelmää: laimennosmenetelmä ja manometrinen menetelmä. (Laukkanen, Dahl et al. 2013)

Laimennosmenetelmällä BOD₇-mittauksessa mitataan yhden vesilitran kuluttama hapen määrä 20 celsiusasteessa seitsemässä vuorokaudessa täysin pimeissä olosuhteissa. Mittaustulos saadaan yksinkertaisesti mittaamalla näytteen happipitoisuus ennen ja jälkeen inkuboinnin. (Isoaho, Valve 1988, Laukkanen, Dahl et al. 2013)

Mittausta voidaan kuvata seuraavalla kaavalla 1:

$$BOD = \frac{D_1 - D_2}{P} \quad (1)$$

jossa,

BOD = BOD (mg/l) tulos

D_1 = Laimennetun jätevesinäytteen liuenneen hapen pitoisuus testin alussa, mg/l

D_2 = Laimennetun jätevesinäytteen liuenneen hapen pitoisuus testin lopussa, mg/l

P = Laimennoskerroin: jätevesinäytteen tilavuus jaettuna BOD-mittausastian tilavuudella

(Tchobanoglous, Burton 1991, Chin cop. 2006, Hammer, Hammer 2003)

Manometrisessä mittauksessa mitataan paineen muutosta astiassa esimerkiksi seitsemän vuorokauden aikana (BOD₇). Jotta paineen muutos kuvaisi poistuvan hapen, eikä syntyvän hiilidioksidin määrää, on astiaan lisättävä alkalia (käytännössä esimerkiksi NaOH-rakeita), joka sitoo syntyvän hiilidioksidin. (Laukkanen, Dahl et al. 2013)

BOD-näyte vaatii aina eläviä mikrobeja, joita joudutaan joskus ympppäämään näytteeseen. Mikrobit tarvitsevat kasvaakseen myös hivenaineita ja ravinteita,

joita täytyy toisinaan myös lisätä näytteeseen. Jätevesinäytteessä tai mikrobiympissä mahdollisesti olevien nitrifien bakteerien kasvu täytyy inhiboida, jotta niiden aiheuttama hapenkulutus ei väristäisi tulosta. Tämä onnistuu helposti lisäämällä näytteeseen pieni määrä allyylitioureaa (ATU). (Tchobanoglous, Burton 1991, Laukkanen, Dahl et al. 2013, Chin cop. 2006, Hammer, Hammer 2003, Isoaho, Valve 1988)

Sekä laimennos että manometriseen menetelmän pätee kaava 2:

$$BOD_t = BOD_{max}(1 - e^{-kt}) \quad (2)$$

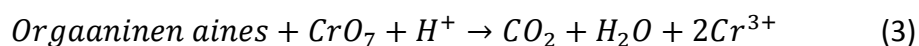
jossa,

BOD_t = BOD (mg/l) tulos testiajalla t
 BOD_{max} = BOD (mg/l) tulos testiajalla t → ääretön
 k = kullekin jätevedelle ja olosuhteille ominainen reaktionopeusvakio
 (Isoaho, Valve 1988)

Manometrisen mittauksen etuja ovat sen yksinkertaisuus, nopea tulkitseminen ja jatkuva mittaus, jolla BOD-arvo nähdään aina ajan arvolla t.

COD-testissä mitataan yhden vesilitran sisältämän aineksen kuluttamaa hapen määrää, kun se hapetetaan voimakkaalla hapettimella, kuten permanganaatilla tai dikromaatilla (Laukkanen, Dahl et al. 2013). Jotta kaikki aines saadaan kemiallisesti hajoavaan muotoon, näytettä käsitellään ennen hapettimen lisäystä kromihapon ja rikkihapon seoksella. Näytettä myös kuumennetaan, jotta kaikki aines hajoaisi. Määritettäessä COD-pitoisuutta, tulee tehdä myös nollanäyte (Hammer, Hammer 2003).

COD-mittausta voidaan kuvata yhtälöllä:



2.1.3 Kiintoaine

Kiintoaineen mittaamiseen käytetään muutamaa eri menetelmää. Kiintoainepitoisuus voidaan määrittää suodattamalla mitattu määrä vettä ja punnitsemalla suodattunut massa kuivaamisen jälkeen. Tällöin saadaan kiintoaine (SS, *engl.* Suspended Solids), joka on osa kuiva-ainetta (TS, *engl.* Total Solids). Kuiva-aines määritetään haihduttamalla vesinäyte ja punnitsemalla haihdutusjäännös. Näin saadaan määritettyä myös jäteveden sisältämät haihtumattomat liuenneet aineet. (Laukkanen, Dahl et al. 2013)

2.1.4 Ravinteet

Orgaanisen typen määrä jätevesinäytteessä voidaan määrittää Kjeldahl-menetelmällä. Tässä menetelmässä jätevesinäyte keitetään ammoniakki poistamiseksi ja sen jälkeen orgaaninen aines hajotetaan bakteereilla. Hajotuksen aikana orgaaninen typpi muuttuu ammoniakiksi. Kokonais-Kjeldahl-typpi voidaan määrittää samoin, jos aluksi ei poisteta ammoniakkia. Tällöin se sisältää sekä orgaanisen että ammoniumtypen. (Tchobanoglous, Burton 1991) Nitraattityppi voidaan määrittää jätevesinäytteestä kolorimetrisesti. (Tchobanoglous, Burton 1991).

Ortofosfaatin määrä jätevesinäytteessä saadaan selville lisäämällä näytteeseen fosfaatin kanssa reagoivaa, värillisen kompleksin muodostavaa ainetta, kuten molybdaattia. Jos halutaan mitata kokonaisfosfori, täytyy polyfosfaatit ja orgaaninen fosfaatti muuttaa ortofosfaatiksi hapon avulla ennen määrittystä. (Tchobanoglous, Burton 1991)

2.1.5 Kuormituksen mittaaminen ja luparajojen asettaminen

Jätevesipäästöt ja niiden rajat voidaan ilmoittaa esimerkiksi ominaiskuormana kg/t tuotetta, kokonaispäästönä, kg/d tai pitoisuuksina, mg/l. Jos käytetään

pitoisuutta, kuorman selville saamiseksi tarvitsee tietää jäteveden määrä eli virtaama. (Laukkanen, Dahl et al. 2013)

2.2 Jätevedet elintarviketeollisuudessa

Vesi on elintarviketeollisuuden tärkein raaka-aine, minkä vuoksi sen täytyy olla hyvälaatuista. (Anon 2006) Vettä käytetään lisäksi esimerkiksi pesuihin ja raaka-aineiden siirtoihin. Näin ollen elintarviketeollisuudessa syntyy paljon jätevettä. (Anon 2006, Seneviratne 2007) Elintarviketeollisuuden BREF-asiakirjan (*engl.* Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries, (Anon 2006)) mukaan elintarviketeollisuudessa yleisiä jäteveden päästölähteitä ovat:

- Raaka-aineen peseminen
- Raaka-aineen liuottaminen/hauduttaminen
- Raaka-aineen tai jätteen kuljettaminen/siirto
- Prosessilaitteiden, linjojen, säiliöiden ja alueiden pesut
- (Pakasteiden) sulatusvedet
- Sadevalumat
- Paine kattiloiden paineen purku
- Jäähdytysvedet
- Vastavirtahuuhtelu jätevedenpuhdistamolta

Jätevettä syntyy elintarviketeollisuudessa paljon, sillä vedelle on paljon käyttökohteita. Vain tuotteeseen käytetty vesi ei päädy jätevetenä puhdistamolle. (Seneviratne 2007)

Elintarviketeollisuuden jätevesille tyypillistä on korkea BOD-kuorma, ja se että kuorma on helposti hajotettavissa biologisilla käsittelymenetelmillä (Määttä 1978, Lamminmäki 1999, Anon 2006). Elintarviketeollisuuden jätevesi on laadultaan ja määrältään hyvin vaihtelevaa. Vaihtelua on eri toimijoiden, mutta myös vuodenaikojen ja vuorokauden ajan mukaan. Sen määrä riippuu muun muassa

tuotannosta ja pesuista ja niiden jaksottumisesta. Suuren BOD-kuorman aiheuttajia ovat muun muassa raaka-aineista ja tuotteista peräisin olevat proteiinit, rasvat ja hiilihydraatit. Jätevedet sisältävät usein myös pesu- ja säilöntäaineita. (Lamminmäki 1999, Anon 2006) Suuret elintarviketehtaat voivat käyttää monta sataa kuutiota vettä päivässä. Jäteveden määrää voidaan vähentää, mutta sen vähentäminen ei saa aiheuttaa huonoa hygieniaa tai tuotteiden laatutason alenemaa. Suuren BOD- ja COD-kuorman lisäksi elintarviketeollisuuden jätevesille on yhteistä pH:n vaihtelut ja korkea kiintoainepitoisuus. (Anon 2006)

Taulukossa 1 on esitetty erilaisten elintarviketeollisuuden toimijoiden jätevesien sisältämiä komponentteja.

Taulukko 1. Elintarviketeollisuuden eri toimijoiden jätevesien sisältämiä komponentteja. (*Teollisuuden jätevedet*. 1972)

Laitos	hiilihydraatit	proteiinit	rasva
Mallastamot, myllyt	xxx	x	-
Kasvisten ja marjojen jalostuslaitokset	xxx	x	-
Sokeritehtaat	xxx	x	-
Tärkkelystehtaat	xxx	xx	-
Panimot, leipomot	xx	xx	x
Lihanjalostuslaitokset	x	xxx	xxx
Kalanjalostuslaitokset	-	xxx	xx
Öljy- ja ravintorasvatehtaat	x	x	xxx

Taulukosta 1 nähdään jätevesien olevan koostumukseltaan hyvin erilaisia. Hiilihydraatti on taulukon yleisin komponentti elintarviketeollisuuden jätevesissä. Hiilihydraatit ovat helposti hajotettavissa biologisesti ja ne vaikuttavat paljon jäteveden BOD-kuormaan.

2.2.1 Elintarviketeollisuuden jäteveden laatu

Kunnallista jätevettä voidaan pitää kuormittavana hapenkulutuksen osalta sen COD-pitoisuus ylittää 1000 mg/l (Tchobanoglous, Burton 1991). Elintarviketeollisuuden jätevesissä tavataan paljon korkeampia pitoisuuksia (Anon 2006). Usein BOD-pitoisuudet ovat 10 – 100 kertaa korkeammat kuin

yhdyskuntajätevedessä. Suurin osa jäteveden orgaanisen aineen kuormasta tulee puolivalmiste- tai tuotehävikistä. (Herzka 1981) Seuraavassa taulukossa (Taulukko 2) on esitetty eräiden elintarviketeollisuuden raaka-aineiden ja tuotteiden aiheuttama BOD₅/kg raaka-ainetta tai tuotetta.

Taulukko 2. Raaka-aineiden ja tuotteiden aiheuttamia BOD-kuormia. (Anon 2006)

Raaka-aine tai tuote	kuorma, kgBOD ₅ /kg _{tuotetta}
Proteiini	1,03
Rasva	0,89
Viina	0,73
Hiilihydraatti	0,65
Alkoholiton juoma	0,21
Liha	0,18 - 0,37
Maito	0,07 - 0,10
Hedelmät ja vihannekset	0,06 - 0,09

Taulukosta 2 nähdään, että elintarviketeollisuuden raaka-aineiden ja tuotteiden sisältämistä aineista erityisesti proteiinit, viina (etanoli) ja hiilihydraatit aiheuttavat BOD-päästöjä joutuessaan viemäriin. Näiden aiheuttama BOD-kuorma on kertaluokkaa suurempi kuin esimerkiksi maidolla.

Elintarviketeollisuuden jäteveden pH:n vaihtelut ovat välillä 3,5 – 11 tai yli. pH-arvoon vaikuttaa käytetyt raaka-aineet ja pesuaineet. Yleisesti käytetty pesuaine, lipeä (natriumhydroksidi), nostaa jätevesien pH-arvoa joutuessaan pesuvesien mukana viemäriin. (Anon 2006) Alla on lueteltu lisää jäteveden pH-arvoon vaikuttavia tekijöitä (Anon 2006):

- kuljetusveden pH:n säätö kuljetettavan aineen turmeltumisen estämiseksi
- emäksisten tai hapanten liuosten käyttö prosesseissa ja puhdistuksissa
- happamat jätevirrat
- happamoittavat reaktiot ja mikrobit jätevedessä
- käytettävän raakaveden laatu: kovuus tai pehmeys

Joskus elintarviketeollisuuden jätevedet voivat sisältää liikaa ravinteita (liha- ja kalateollisuus, taulukko 2) tai esimerkiksi desinfiointiaineita tai torjunta-aineita. Myös hajapäästöt ja odottamattomat päästöt ovat melko yleisiä. Hajapäästöjen lähteitä ovat muun muassa saastuneet sadevedet, vuodot putkistoissa, varastosäiliöissä ja prosessilaitteissa sekä hävikki. (Anon 2006)

Orgaanista ainetta tulee elintarviketeollisuuden jätevesiin hyvin paljon, johtuen käsiteltävien elintarvikkeiden sisältämästä orgaanisesta aineksesta. Erityisesti meijeri-, liha- ja kalateollisuus tuottavat jätevettä, jonka orgaanisen aineen kuorma on suuri. Usein tällaisilla laitoksilla onkin omat jätevedenpuhdistamonsa tai jätevettä esikäsitellään muuten ennen sen päästämistä viemäriin (Anon 2006, Määttä 1978).

Kunnilla on oikeus periä teollisuuslaitoksilta jätevesimaksua, jonka suuruus määräytyy jäteveden kuormittavuuden perusteella. Tämän takia tehtaat pyrkivät vähentämään päästöjensä kuormittavuutta esikäsittelyiden avulla. (Määttä 1978).

3 Jätevedet alkoholijuomien valmistuksessa

BREF-dokumentissa (Anon 2006) kuvataan virvoitus- ja alkoholijuomien valmistus sekalaiseksi sektoriksi, jonka jätevedet voidaan jakaa matalan kuorman ja korkean virtaaman tai korkean kuorman ja matalan virtaaman sekä jatkuvan ja epäsäännöllisten kausipäästöjen päästöluokkiin.

Sektorin jätevedet sisältävät erityisen paljon biologisesti hajoavaa orgaanista ainesta sekä aktiivisia mikrobeja. Sektorin jätevedet eivät sisällä kovinkaan paljon typpeä tai fosforia, mutta niissä on korkea BOD-pitoisuus. Tämän takia ne on hyvä käsitellä asumajäteveden kanssa samaan aikaan, jossa ravinteita on ylimäärin, mutta BOD-kuorma on pienempi. (Herzka 1981)

3.1 Yleistä

Alkoholijuomien valmistuksessa jätevesiä syntyy tuotteiden siirtämisestä ja käsittelystä, kuten suodatuksesta ja säiliöiden sekä tuotantolinjojen pesuista. Pesuissa käytetään pesuaineita ja jotka huuhtovat tuotteita lattioiden ja säiliöistä viemäriin. (Lindberg 2013, Woodard & Curran 2006, Anon 2006) Juomateollisuudessa jäteveden laatuun vaikuttavat myös jonkin raaka-aineen tai valmiin tuotteen joutuminen viemäriin (Anon 2006).

Kuten elintarviketeollisuus ylipäänsä, alkoholijuomateollisuuden jätevesi sisältää paljon orgaanista ainesta ja ajoittain erityisesti etanolia (Herzka 1981, Lindberg 2013). Kuorma on kuitenkin biologisesti helposti hajotettavissa (Herzka 1981). Jäteveden pH vaihtelee paljon, sillä tuotteet ovat usein happamia ja pesuvedet emäksisiä. (Lindberg 2013)

Esimerkiksi panimoissa COD-päästöt per tuotettu hehtolitra voivat olla luokkaa 0,8 – 2,5 kgCOD/hl olutta ja COD/BOD-suhde 1,5-1,7. Tislaamot tuottavat jätevettä, joka voidaan usein mädättää biokaasuksi sen korkean BOD-pitoisuuden vuoksi. (Anon 2006)

Alkoholijuomien valmistukseen käytetään monenlaisia raaka-aineita. Valmistusvaiheessa käymiseen tarvittavat sokerit voivat tulla hedelmistä, marjoista, viljasta tai vaikka kaktuksesta, ja tietenkin lisätystä sokerista. (Kaukinen, Nylund et al. 1986) Tällöin alkoholijuomatehtaiden jätevedet voivat sisältää jäämiä näistä kaikista. Kuten taulukosta 2 nähdään juuri etanoli ja sokerit aiheuttavat huomattavaa kuormaa joutuessaan viemäriin. (Anon 2006) Alkoholijuomia usein maustetaan kasveista peräisin olevilla aromeilla ja tisleillä. Kasviperäisen aineen ja etanolin lisäksi lähes kaikissa alkoholijuomissa on sokeria ainakin jonkin verran, joten sitäkin löytyy tehtaiden jätevesistä. Lisäksi viinit ovat happamia, joten niiden joutuminen viemäriin voi laskea jäteveden pH:ta. (Kaukinen, Nylund et al. 1988) Monet alkoholijuomat on suodatettava, jolloin syntyy retentiojäte, jonka kiintoaine- ja orgaanisen aineen pitoisuus voi olla suuri (Nylund 1984). Samaan tapaan kuin virvoitusjuomateollisuudessa, myös alkoholijuomasekoitukset sisältävät usein aromeja ja lisäaineita, jotka saattavat päätyä jätevesiin. (Kaukinen, Nylund et al. 1986, Woodard & Curran 2006)

Tämän sektorin suurimpia ympäristöongelmia on nimenomaan jäteveden syntyminen. Taulukkoon 3 on listattu tyypillisiä jätevesimääriä m³/m³ tuotetta. (Anon 2006)

Taulukko 3. Eräiden pulloitetujen tuotteiden aiheuttamia jätevesipäästöjä (Anon 2006).

Tuote	Jätevettä m ³ /m ³ tuotetta
Pullovedet	0,8
Hedelmämeheit	1,5
Hiilihapolliset konsentraatit	1,4
Hiilihapolliset hedelmämeheit	3,6

Yleisiä jätevesilähteitä juomien tuotannossa ovat (Anon 2006):

- laitteiden, säiliöiden ja pullojen pesu
- pastörinti
- lattian puhdistus
- jäähdytysvesi
- painekattilan paineen purku
- vastavirtahuutelu jätevedenkäsittelystä
- putkiteiden huuhtelu/kärkivedet

Edellä oleva lista on hyvin samankaltainen edellisessä kappaleessa kerrotun jäteveden lähteet-listan kanssa. Lisänä on lähinnä viimeinen kohta, sillä juomien tuotannossa tuotteet siirretään putkistoissa ja siirtoihin käytetään vesityöntöä.

Määrällisesti suurin osa jätevedestä tulee pesuista ja puhdistuksista. Kiintoainetta voi joutua jäteveteen paljonkin, jos tuotetaan esimerkiksi olutta tai viiniä. Myös tislaamot tuottavat kiintoainetta jäteveden sekaan. Käymisastioiden ja tislauskolonnien puhdistuksessa irtoaa paljon COD- ja BOD-kuormaa. Desinfiointiaineena käytettävä peretikkahappo aiheuttaa COD-päästöjä. Myös pullotuslinjojen ratavoiteluaineet aiheuttavat COD-päästöjä. (Anon 2006)

3.2 Tislaamot

Tislaamot tuottavat 10 - 15 litraa jätevettä per tuotettu etanolilitra. Tislaamojen jätevesi on usein hapanta ja sisältää paljon BOD-kuormaa ja kiintoainetta. (Beltrán, Álvarez et al. 2001) Klemeš ja Smith *et al.* (2008) mainitsevat tislaamojen jäteveden määräksi 8 – 15 l jätevettä/l tuotetta. Viskin tuotannossa syntyy jätevettä 58,38 - 88,06 m³/t tuotetta (Tchobanoglous, Burton 1991). Eri lähteissä esitetyt vastaavat luvut ovat samaa suuruusluokkaa.

3.2.1 Tislaamoiden jäteveden laatu

Jätevettä syntyy tislaamoissa kahta laatua. Korkean kiintoainepitoisuuden jätevettä syntyy tislauksjätteestä. Jätevettä, jossa on todella vähän kiintoainetta, syntyy taas prosessin jäähdytyksestä ja tislauksen kondenssivesistä. (Klemeš, Smith et al. 2008)

Alla olevassa taulukossa 4 on listattu erilaisia raaka-aineita käyttävien tislaamojen tislauksjätteen koostumusta.

Taulukko 4. Erilaisten hiilihydraattilähteiden käytön vaikutus tislaamoiden jätevesien koostumukseen. (Cortez, Freire et al. 1999)

Parametri, g/l	Mehu	Melassit	Sekalainen
pH	3,7 - 4,6	4,2 - 5,0	4,4 - 4,6
BOD	6 - 16,5	25	19,8
COD	15 - 33	65	45
TSS	23,7	81,5	52,7

Sokerimehua käymisen sokerilähteenä käyttävät tisluslaitokset tuottavat matalan kiintoainekuorman ja korkean COD-kuorman tislauksjätettä. Myös BOD-kuorma on melko korkea ja BOD/COD-suhde 50 %. Tämä tarkoittaa, että jätevesi melko hyvin hajotettavissa biologisin menetelmin. Käytettäessä melasseja raaka-aineena sekä kiintoaine että COD-kuorma kasvavat, mutta BOD/COD-suhde laskee. On ilmeistä, että tätä tislauksjätettä on hankalampi hajottaa biologisesti.

Erään tislaamon (kirsikkatisle) jätevesien laatuparametrit on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Tislaamon jäteveden ominaisuuksia, kun valmistetaan kirsikkatislettä. (Beltrán, Álvarez et al. 2001)

Parametri	Kiintoaineen erotuksen jälkeen, kg/m ³
COD	145 - 180
BOD	100 - 140
TOC	70 - 90
pH	3,2 - 3,6

Taulukosta voidaan laskea BOD:COD-suhde, joka on 0,78, eli jäte on helposti hajojavaa. pH-arvon vaihtelu on pientä. Tästä voidaan päätellä, ettei pesuja tehdä

paljon. TOC/COD suhde on noin 0,5. Tutkimuksessaan Beltrán ja Álvarez *et al.* (2001) käsittelivät kyseisen tislaamon jätevesiä yhdistetyllä aerobisella hapetuksella ja otsonoinnilla BOD-kuorman osalta hyvin tuloksin, sillä he saivat siitä poistettua 95%.

Toisen tislaamon (perunatisle) jäteveden laatuparametrit on esitetty alla

Taulukko 6. Perunaa raaka-aineenaan käyttävän tislaamon jätevesien ominaisuuksia. (Krzywonos, Cibis *et al.* 2008)

Parametri	kg/m ³
COD	51,88
TOC	17,58
pH	3,88

Taulukon 6 arvojen TOC:COD-suhde on noin 0,33. Tämä on samaa suuruusluokkaa kuin edellä esitetyssä tutkimuksessa (Taulukko 5). Myös pH on yhtä matala. Tutkimuksessaan Krzywonos ja Cibis *et al.* (2008) käsittelivät näitä jätevesiä panosreaktorissa aerobisesti samalla lämmittäen. COD:n poisto oli parhaimmillaan 90 % 80 tunnin jälkeen

3.3 Oluen paneminen

Olut on viidenneksi nautituin juoma maailmassa. Sitä kulutetaan noin 23 l/a per henkilö (Klemeš, Smith *et al.* 2008). Oluen valmistuksen jätevedet syntyvät ohranliuotuksessa, vierteen kirkastuksessa ja hiivan separoinnissa. Kuormaa jäteveeteen syntyy myös laitteiden ja pullojen pesuista. (Määttä 1978, Klemeš, Smith *et al.* 2008, Lamminmäki 1999, Lindberg 2013) Noin 25 – 30 % käytetystä vedestä kuluu pesuihin ja puhdistuksiin. Näiden jätevesien kuorma on pieni. (Klemeš, Smith *et al.* 2008, Herzka 1981) Lukuisat emäksiset pesut aiheuttavat pH:n vaihtelua jäteveeteen. (Määttä 1978, Lindberg 2013)

Oluen tuotannon jäteveden BOD-kuorma on korkea, sillä se sisältää hiilihydraatteja ja proteiineja, joita oluen valmistusprosessissa käytetään. (Klemeš, Smith *et al.* 2008, Määttä 1978). Lisäksi jätevesi voi sisältää tuotteista peräisin

olevaa etanolia. (Lindberg 2013, Määttä 1978) Jätevesi on usein myös lämmintä, jopa yli 38 asteista. (Klemeš, Smith et al. 2008, Määttä 1978).

Näillä laatuparametreilla sopiva käsittely panimoiden jätevedelle on (anaerobinen) mädättäminen. (Klemeš, Smith et al. 2008, Määttä 1978)

3.3.1 Panimoiden jäteveden laatu

Tchobanoglous ja Burton (1991) mukaan jätevettä syntyy oluen tuotannossa 10 – 16 m³/t tuotetta. Klemeš, Smith *et al.* (2008) ilmoittavat oluen valmistuksen jätevesimääräksi 2,2 – 8,7 l/l ja kuormaksi 8-25 g_{COD}/l. Samassa lähteessä ilmoitetaan myös lukemat 1,7 – 7,5 ja 3,7 – 22,4 g/l sekä panimojäteveden laatuparametreja (Taulukko 7). Tchobanoglous ja Burton lähde on vanhempi ja voi hyvinkin olla, että jätevesiin on alettu kiinnittää enemmän huomiota ja jäteveden määrä on nykyään pienempi.

Taulukko 7. Panimoteollisuuden jätevesien laatuparametreja. (Klemeš, Smith et al. 2008)

Parametri	g/l
BOD	0,7-2
COD	0,9-4
COD/BOD	1,5 - 1,8
TSS	0,6

Taulukon 7 arvoista nähdään panimoiden jätevesien olevan helposti biohajoavia, sillä BOD/COD-suhde on noin 0,6. Kiintoainetta on suhteellisen vähän, verrattuna tislaamoiden jätevesiin. Taulukossa 8 on esitetty vielä yhdet keskimääräiset arvot panimoiden jätevesille.

Taulukko 8. Panimojätevesien keskimääräisiä jätevesikuormia. (Määttä 1978)

Parametri	g/l
BOD	0,85-8
pH	2-12
TSS	0,4 – 2,7

Taulukon luvut ovat samaa suuruusluokkaa kuin aiemmin esitetyt. Kiintoaineen kuorma on tässä lähteessä hieman korkeampi kuin edellisissä. Panimoiden jäteveden sisältämästä kiintoaineesta osa on BOD-kuormaa, mutta sen tarkkaa osuutta ei taulukon tiedoista voi päätellä.

3.4 Viinin valmistus

Kaikissa viinivalmistuksen vaiheissa syntyy jätevettä, lähinnä tuotehävikin takia. Etenkin pulloituksessa valmista viiniä joutuu viemäriin roiskeiden, ylitäytön, rikkoutuneiden pullojen ja muiden tahattomien päästöjen takia. Lisäksi tuotannossa suoritettavat pesut tuottavat paljon jätevettä. (Woodard & Curran 2006)

Viinivalmistuksen jätevesille on hyvin tyypillistä niiden kausiluontoinen vaihtelu. Rypäleiden sadonkorjuusta ja viinin tekemisestä syntyy korkeakuormaisia hetkellisiä jätevesipäästöjä. Jätevedessä kuormittavia komponentteja ovat esimerkiksi hiivasakka ja rypäleiden kuoret. (Klemeš, Smith et al. 2008)

Viinin valmistusmenetelmät vaihtelevat paljon. Tämä aiheuttaa vaihtelevuutta myös jätevesien määrään. Jätevettä syntyy 0,3 – 10 litraa per valmistettu viinilitra. (Duarte, Neto 1996, Picot, Cabanis 1998, France 2000) Suurin osa viinin valmistuksen jätevesistä syntyy kahden kuukauden aikana; sadonkorjuun ja valmistusprosessin aikana (Klemeš, Smith et al. 2008).

3.4.1 Viinin valmistuksen jätevesien laatu

Viinin valmistuksen jätevesien COD-kuorma on keskimäärin 15 g/l ja BOD/COD-suhde yli 60 %. Ravinteita ei jätevesissä juurikaan ole. COD-kuormasta jopa 90 % aiheutuu etanolista. Sadonkorjuun aikana myös sokerit aiheuttavat suuren COD-kuorman. Viinin valmistuksen jätevesien pH on yleensä hapan, mutta ajoittain emäksiset pesut voivat nostaa sen emäksiseksi. (Klemeš, Smith et al. 2008)

Taulukossa 9 on esitetty viinin valmistuksessa syntyvän jäteveden koostumus ja sen aiheuttajia.

Taulukko 9. Viinin valmistuksen jätevesien koostumus ja kuorman aiheuttajia. (Klemeš, Smith et al. 2008).

Parametri	g/l
pH	5
Suspentoitunut kiintoaine	3,3
COD	12,7
Etanoli	4,9
Sokerit	0,87
Happoja	0,16 - 1,26

Taulukkoarvojen COD:stä 80 % tulee etanolista. Kiintoainepitoisuus on panimon ja tislaamon jätevesien välillä, mutta pH on hieman korkeampi, todennäköisesti pesujen takia.

Viiniä usein myös tislataan brändyksi viinitalolla. Tällöin jäteveden koostumus voi muuttua. (Arvanitoyannis 2008) Taulukossa 10 on esitetty viinitislauksen jätevesien koostumusta (Garcia-Calderon, Buffiere et al. 1998).

Taulukko 10. Viinitislaamon jäteveden laatuparametreja. (Garcia-Calderon, Buffiere et al. 1998)

Parametri	g/l
TOC	5,5 - 6,5
pH	4,5 - 5
Kiintoaine, kok	1,2 - 1,9

Taulukossa ilmoitettu pH on hieman matalampi kuin edellä, mutta kiintoaineen määrä on pienempi. Jätevesi sisältää huomattavasti vähemmän orgaanista hiiltä, sillä TOC-arvo on vain puolet edellisen taulukon COD-arvosta, josta ainakin 80 % on orgaanistahiiltä (etanolia).

3.5 Jäteveden määrän vähentäminen alkoholijuomateollisuudessa

Jäteveden määrän vähentämisessä tulee miettiä ensisijaisesti käytetyn veden lähdettä. Jos vesi tulee kunnan verkosta, on pyrittävä vähentämään käytetyn veden määrää. Jos vesi tulee tehtaan omalta pumppaamolta, on pyrittävä vähentämään jäteveden kuormaa. (Herzka 1981) Yleisesti jäteveden kuormaa voidaan yrittää selvittää seuraavien kysymysten avulla:

- Jäteveden laatu, mikä on suurin kuormittaja?
- Jäteveden lähteet, mistä lähteistä kuorma tulee?
- Miksi jätevettä syntyy?
 - Onko jätevesi sivutuote vai aiheutuuko se kenties raaka-aineista?

Jäteveden ollessa sivutuote, voidaan sen määrää vähentää esimerkiksi tehostamalla raaka-aineiden vastaanottoa sekä hyödyntämällä kaikki mahdolliset sivuvirrat. (Herzka 1981) Erilaisten virtojen erottelu voikin auttaa jäteveden määrän vähentämisessä. Mahdollisia virtoja ovat hylätyt raaka-aineet ja valmistetut tuote-erät, jotka eivät täytä laatuvaatimuksia. (Anon 2006).

Alkoholijuomatehtaiden jätevesipäästöt voivat helposti olla sitä luokkaa, että niiden kannattaa puhdistaa päästönsä itse. Usein tehtailla on ainakin esikäsittelymenetelmät jätevesille: vähintään välppäys ja pH:n sekä virtaaman säätely. (Anon 2006)

Eräs menetelmä, jolla jäteveden määrää voi vähentää, on possutus (*engl. pigging*). Possut ovat putkistossa nesteen edellä kulkevia elementtejä, joilla voidaan säätää nesteen kulkeutumista. Järjestelmään tarvitaan laukaisijoita, vastaanottimia ja ilmaisimia sekä paineilmaa. Possu lähetetään nesteen edellä ja kun se saapuu vastaanotto paikalle, se voi vaihtaa venttiilin asennon jälkeensä, jolloin sitä seuraava neste päättyy oikeaan paikkaan. (Ashurst, Hargitt cop. 2009, Anon 2006, Seneviratne 2007) Ylipäänsä BREF-dokumentista löytyvien BAT-tekniikoiden (*engl. Best Available Technology*) käyttäminen vähentää jäteveden määrää. (Anon 2006)

Jäteveden määrän vähentämiseen on listattu muutamia muita yksittäisiä keinoja (Woodard & Curran 2006)

- Ylitäytön ilmaisimien asennus kaikkiin mahdollisiin paikkoihin
- Biohajoavien pesu- ja desinfiointiaineiden käyttö
- Aggressiivinen laitteiden huolto
- Kuivapuhdistusten lisääminen

4 Jätevesien käsittely

Jäteveden puhdistustekniikat voidaan jakaa kolmenlaisiin yksikköoperaatioihin: fysikaaliset, kemialliset ja biologiset yksikköoperaatiot. (Tchobanoglous, Burton 1991) Elintarviketeollisuuden jätevesien käsittelyyn soveltuvat, niiden sisältämän biologisesti hajoavan aineen vuoksi, erityisesti biologiset menetelmät. Usein elintarviketehtaiden jätevesiä esikäsittellään tehtaalla. (Lamminmäki 1999). Jätevedenkäsittelymenetelmät voidaan jakaa myös epäpuhtauksia erottaviin ja poistaviin menetelmiin. (Laukkanen, Dahl et al. 2013)

4.1 Jätevedenkäsittelyprosessi Klaukkalassa

Altian tehdasalueen jätevedet käsittelee Nurmijärven Veden Klaukkalan jätevedenpuhdistamo, joka otettiin käyttöön 2005. Siirtoviemäri tehdasalueelta puhdistamolle on 23 km pitkä. Puhdistamo on kolmilinjainen aktiivilietelaitos. Fosfori poistetaan kemiallisesti rautasulfaatilla ja typpi poistetaan denitrifikaatio-nitrifikaation prosessilla. Puhdistamon liete mädätetään ja jäännös kompostoidaan. (Anon 2016b)

Prosessi alkaa välppäyksellä, jota seuraa hiekanerotus ja esiselkeytys. Esikäsittelyn jälkeen jätevesi johdetaan aktiivilietekäsittelyyn. Aktiivilietelaita on kolme ja ne ovat kahdeksan metriä syviä. Altaissa poistetaan orgaanista kuormaa ja typpeä. Biologisen käsittelyn jälkeen jätevesi johdetaan jälkiselkeytykseen, jossa vesi erottuu lietteestä. Puhdistettu jätevesi puretaan Luhtajokeen. (Anon 2016b)

Saatu liete mädätetään, minkä jälkeen sen jäännös kompostoidaan. Syntynyt biokaasu poltetaan kaukolämmöksi. (Anon 2016b)

4.1.1 Puhdistusvaatimukset

Klaukkalan jätevedenpuhdistamolle on sen ympäristökuvassa määritetty vaatimukset puhdistustasosta. Lupaehdot on esitetty taulukossa 11.

Taulukko 11. Vesistöön johdettavan jäteveden lupaehdot. (Anon 2016b)

	pitoisuus (mg/l) enintään	poistoteho (%) vähintään
BOD ₇ -atu	10	95
kokonaisfosfori	0,5	95
kokonaistyyppi		70
ammoniumtyppi	4	90
COD _{Cr}	125	75
kiintoaine	35	90

4.2 Fysikaaliset yksikköoperaatiot

Fysikaaliset yksikköoperaatiot kuten välppäys, laskeutus ja suodatus, pyrkivät vähentämään jäteveden sisältämien epäpuhtauksien määrää fysikaalisilla keinoilla. (Tchobanoglous, Burton 1991)

Virtaaman mittaus on tärkeää, vaikka se ei ole varsinaisesti yksikköoperaatio jätevedenpuhdistuksessa. Sen avulla voidaan tehdä kustannusarvio jätevesien puhdistuksesta ja mitoittaa muut tarvittavat yksikköoperaatiot. (Herzka 1981)

Välppäyksessä estetään suurien ja vahingollisten kappaleiden, esimerkiksi puukappaleiden tai rätien kulkeutuminen viemäriverkkoon. (Herzka 1981). Välpät ovat säleikköjä, joiden säleväli esimerkiksi hienovälppäyksessä on 10 – 25 mm. (Laukkanen, Dahl et al. 2013) Välpän poistama kiintoaine voidaan murskata ja syöttää jäteveden mukana takaisin puhdistamolle. (Gray 2005). Välppäys on yleensä ensimmäinen yksikköoperaatio, joka puhdistamolle saapuvalle jätevedelle tehdään. (Tchobanoglous, Burton 1991) **Hiekanerotuksessa** sananmukaisesti erotetaan hiekka pumpattavasta jätevedestä, jotta pumpput eivät rikkoutuisi. (Laukkanen, Dahl et al. 2013, Hammer, Hammer 2003, Herzka 1981). Hiekanerotuksessa käytettävät menetelmät eroavat toisistaan riippuen jäteveden määrästä ja puhdistuslaitoksen koosta. Esimerkkejä hiekanerotuslaitteista ovat kanavan muotoiset laskeutusaltaat, ilmastetut kartiopohjaiset tankit ja pakotetun pyörteen tankit. Erotetusta kiintoaineesta poistetaan vesi ja se viedään esimerkiksi

kaatopaikalle tai maantäyttöön. (Hammer, Hammer 2003). **Laskeutusten** tarkoituksena on tuottaa kirkastunutta jätevettä. (Tchobanoglous, Burton 1991) Laskeutuksia ovat esimerkiksi primäärinen ja sekundaarinen laskeutus, joissa jäteveden sisältämää kiintoainetta laskeutetaan tiettyntyyppisessä altaassa. Sekundaarinen laskeutus poistaa syntynyttä biomassaa aktiivilietekäsittelyn jälkeen. (Herzka 1981, Laukkanen, Dahl et al. 2013) Primäärisessä laskeutuksessa vettä raskaampi kiintoaine laskeutuu hitaasti laskeutusaltaan pohjalle. Laskeutunut aines voidaan kerätä pohjalla pyörivän kaapimen avulla. (Laukkanen, Dahl et al. 2013, Hammer, Hammer 2003) Primäärilaskeutuksessa jäteveden kiintoainepitoisuus laskee 60 – 95 %. Kiintoaineen mukana poistuu myös muuta kuormaa, kuten orgaanista ainetta ja ravinteita. Esimerkiksi BOD-kuormasta poistuu 30 – 40 %. (Gray 2005, Laukkanen, Dahl et al. 2013) Kiintoaine erottuu paitsi massansa, myös partikkelikokonsa perusteella eri nopeudella. Laskeutusaltat ovat 3-5 metriä syviä. Niiden virtaaman tulee olla mahdollisimman hidasta ja pyörteetöntä. (Laukkanen, Dahl et al. 2013) Esipuhdistettu jätevesi poistuu altaasta sen reunoilla olevien kourujen kautta. (Laukkanen, Dahl et al. 2013, Hammer, Hammer 2003) Altaan syvyyden lisääminen ei paranna laskeutustehoa, mutta pinta-alan kasvattaminen suhteessa virtaamaan lisää laskeutusaikaa parantaen laskeutustehoa. (Laukkanen, Dahl et al. 2013). Sekundäärinen laskeutus tehdään mahdollisen aktiivilietekäsittelyn jälkeen. Sekundäärisen laskeutuksen altat ovat tyypillisesti syvempiä, kuin primäärisen, koska aktiivilietekäsittelyssä syntyneet flokit laskeutuvat huonosti. (Hammer, Hammer 2003) **Flotaatio** on käänteisprosessi laskeutukselle. Siinä kiintoainetta nostetaan ilmakuplilla veden pintaan, josta se kaavitaan pois esimerkiksi pyörivällä kaapimella. (Tchobanoglous, Burton 1991, Laukkanen, Dahl et al. 2013) Ilmakuplat saadaan aikaiseksi liuottamalla ilmaa veteen korkeassa paineessa: kuplat vapautuvat, kun paine laskee flotaatioaltaassa. Flotaatiota käytetään huonosti laskeutuville partikkeleille. Sillä poistetaan erityisesti rasvoja ja proteiineja. (Laukkanen, Dahl et al. 2013, Gray 2005)

4.3 Kemialliset yksikköoperaatiot

Kemiallisissa menetelmissä jäteveteen lisätään kemikaalia, jolloin tapahtuu reaktio ja jokin tai jotkin jäteveden komponentit muuttavat muotoaan. Esimerkiksi saostus ja adsorptio ovat kemiallisia yksikköoperaatioita. Kemiallisia yksikköoperaatioita käytetään yleensä tehostamaan fysikaalisia ja biologisia menetelmiä. Kemikaalilisäykset auttavat poistamaan liuenneita aineita jätevedestä, mutta kemikaalin lisääminen jäteveteen on aina lisäys liuenneen aineen määrään. (Tchobanoglous, Burton 1991).

Kemiallista saostusta käytetään erityisesti fosforin poistoon jätevedestä. Saostuksessa kolloidinen kiintoaine yhdistyy suuremmiksi flokeiksi, jotka on helpompi poistaa jätevedestä. Saostus koostuu kahdesta vaiheesta: kolloidin destabiloinnista ja flokkuloinnista. Ensimmäisessä vaiheessa neutraloidaan kolloidin pintavarauksia, jotta ne eivät hylkisi toisiaan. Kolloidihiukkaset ovat useimmiten negatiivisia varaukseltaan, joten koagulantteina käytetään positiivisen varauksen ioneja synnyttäviä kemikaaleja kuten alumiini- tai rautasuoloja. Kun varausten neutraloinnin yhteydessä vettä sekoitetaan voimakkaasti, syntyy mikroflokkeja. Seuraavassa vaiheessa sekoitusta on vähennettävä, sillä hauraat suuremmat flokit eivät kestä voimakasta sekoitusta. Flokkausta voidaan parantaa lisäämällä veteen vielä polyelektrolyyttejä, jotka tehostavat suurempien flokkien syntymistä. (Laukkanen, Dahl et al. 2013) Saostuksiin tarvittava kemikaalimäärät voivat muuttua nopeastikin, joten jäteveden laatua on tarkkailtava jatkuvasti (Gray 2005). Jäteveden viimeinen käsittely, desinfiointi, voidaan osin tehdä kemikaalilisäyksiin. Käytettäviä kemikaaleja ovat esimerkiksi kloriitti ja otsoni. (Tchobanoglous, Burton 1991)

4.4 Biologiset yksikköoperaatiot

Biologisissa yksikköoperaatioissa mikrobit käyttävät jäteveden komponentteja ravinnokseen ja muuttavat sen samalla kaasuksi tai biomassaksi, joka voidaan poistaa fysikaalisin menetelmin. Biologisen käsittelyn tavoitteena on koaguloida ja

poistaa kolloidisia aineita ja saattaa jäteveden orgaaninen aines stabiiliin muotoon. (Tchobanoglous, Burton 1991)

Biologinen käsittely voi olla aerobinen tai anaerobinen. Oikean käsittelymenetelmän valitseminen riippuu jäteveden orgaanisen aineen kuormasta. (Herzka 1981)

Biologisen jätevedenkäsittelyn tavoitteena on poistaa erityisesti biologisesti hajoavaa kuormaa eli BOD-kuormaa. Mikrobin ravinnokseen käyttämät aineet ovat yleensä pienimolekyyllisiä orgaanisia aineita. Ne käyttävät kolloidisia aineita myös kasvualustanaan. (Laukkanen, Dahl et al. 2013) Käytännössä orgaaninen aine muuttuu mikrobin biomassaksi. Samalla mikrobit käyttävät jätevetteen liuennutta tai liuotettua happea ja vapauttavat hiilidioksidia. (Laukkanen, Dahl et al. 2013, Hammer, Hammer 2003, Tchobanoglous, Burton 1991) Lisäksi biomassaan sitoutuu myös ravinteita ja raskasmetalleja. (Laukkanen, Dahl et al. 2013) Syntyvän biomassan tiheys on hieman suurempi kuin veden, joten syntynyt biomassa voidaan poistaa laskeuttamalla. (Tchobanoglous, Burton 1991) Biologisessa käsittelyssä on kiinnitettävä huomiota prosessiolosuhteisiin eli käytännössä jäteveden pH-arvoon, happipitoisuuteen, redox-potentiaaliin ja ravinnemääriin. Aktiivilietteessä on hajottajia, jotka vaihtelevat prosessin vaiheen mukaan arkeista matoihin. (Laukkanen, Dahl et al. 2013, Tchobanoglous, Burton 1991)

Käytännössä jätevesi johdetaan primäärisen laskeutuksen jälkeen reaktoriin tai altaaseen, jossa on mikrobikasvusto, esimerkiksi aktiiviliete. Allasta ilmastetaan ja sekoitetaan. (Gray 2005) Myös nitrifikaatio ja denitrifikaatio ovat biologisia prosesseja. (Tchobanoglous, Burton 1991) Nitrifikaatiossa mikrobit hapettavat ammoniumtyyppiä nitraattitypeksi. Denitrifikaatiossa mikrobit pelkistävät nitraattityyppiä molekyyläriseksi typeksi. Nitrifikaatio-denitrifikaatio-prosessissa siis poistetaan jätevedestä ravinnetyyppiä. (Laukkanen, Dahl et al. 2013)

5 Lainsäädäntö

Elintarviketeollisuuden jätevedet sisältävät käytännössä samoja aineita kuin asumajätevedet, elintarviketeollisuuden jätevesissä näiden aineiden pitoisuudet ovat kuitenkin huomattavasti korkeammat. Tällöin määrällisesti pienetkin päästöt voivat aiheuttaa ongelmia vesihuoltolaitoksissa. (Lamminmäki 1999)

Jätevesien päästöjä koskee vesihuoltolaki 119/2001. Siinä säädetään muun muassa vesihuoltolaitoksen maksujen yleisistä periaatteista. (Kokkonen 2011, Lindberg 2013)

5.1 Vesihuoltolaki ja yhdyskuntajätevedet

Vesihuoltolaki koskee teollisuuslaitoksia, joiden vesihuolto on rinnastettavissa asutuksen vesihuoltoon. Jos laitoksen jätevesi poikkeaa määrältään tai laadultaan normaalista asutuksen jätevedestä, laki ei koske tällaista laitosta. Vesihuoltolaitoksella onkin vesihuoltolain 10 §:n mukaan oikeus kieltäytyä ottamasta vastaan tällaista jätevettä, jos sen laatu tai määrä vaikuttaa laitoksen toimintaan negatiivisesti tai estää sitä hoitamasta tyydyttävästi muiden kiinteistöjen vesihuoltoa. (Lindberg 2013, Kokkonen 2011)

Vesihuoltolain 18 §:ssa säädetään jätevesimaksujen periaatteista. Maksujen tulee olla sellaiset, että ne kattavat jätevedenpuhdistamon kustannukset ja investoinnit. Lisäksi maksujen tulee olla tasapuolisia ja kohtuullisia, mutta samalla sellaisia, että ne ehkäisevät jäteveden ja haitallisten aineiden johtumista viemäriin. (Lindberg 2013)

Asetuksesta yhdyskuntajätevesistä (888/2006) löytyy yhdyskuntajätevesien käsittelytehon vähimmäisvaatimukset jätevedenpuhdistamoille ja vaatimukset tarkkailutiheydelle erikokoisissa puhdistamoissa. Lisäksi asetuksen mukaan on otettava huomioon jäteveden käsittelyvaatimukset sekä käytettävä parasta käyttökelpoista tekniikkaa jätevesiviemäreiden suunnittelussa, rakentamisessa ja

ylläpidossa. Asetus koskee ympäristönsuojelulain (86/2000 28 §) mukaisen ympäristöluvan tarvitsevia jätevesipäästöjä. (Lindberg 2013) Ympäristönsuojelulaki 86/2000 on kumottu. Uusi laki on ympäristönsuojelulaki 527/2014. (Anon 2016c)

Vesihuoltolaitoksen viemäriin johdettavia päästöjä koskevat yleiset vaatimukset ovat seuraavat: ”Vesihuoltolaitoksen viemäriin johdettavat teollisuusjätevedet on esikäsiteltävä asianmukaisella tavalla”. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että jätevesi on säännösten mukaista, liete on turvallista ja käsiteltävissä sekä ettei jäteveden mukana päästetä myrkyjä tai vesihuoltolaitoksen toimintaa estäviä tai infrastruktuuria tai laitteita rikkovia aineita. (Lindberg 2013)

5.2 Ympäristölupa

Ympäristönsuojeluasetuksessa 169/2008 määritetään aineet, joiden päästäminen viemäriin vaatii ympäristöluvan. Listassa on 14 kohtaa, joista viimeinen on: ”muut vesiympäristölle tai vesiympäristön kautta terveydelle tai ympäristölle vaaralliset tai haitalliset aineet sekä aineet ja seokset, jotka voivat haitata vesien käyttöä”. Tämä kohta pitää sisällään jäteveden mukana kulkeutuvan biologisesti hajoavan orgaanisen aineksen, jos sitä on paljon. (Lindberg 2013) Tämä asetus on nykyisin kumottu ja sen korvaava uusi asetus on 713/2014. (Anon 2016c)

Muun muassa biologista hapenkulutusta ja rehevöitymistä aiheuttavat aineet on myös listattu tärkeimpien pilaantumista aiheuttavien aineiden joukkoon ja niiden pitoisuuksille teollisuusjätevedessä on määritettävä raja-arvot ympäristöluvassa. (Lindberg 2013)

Valtioneuvoston asetuksilla 1022/2006 ja muutoksella 868/2010 vesiympäristölle haitallisista aineista määrätään aineet, joita ei saa päästää pintavesiin eikä vesilaitoksen viemäriin. (Lindberg 2013) Näitä aineita ei kuitenkaan synny alkoholijuomien valmistuksessa. (Anon 2016a)

5.3 Teollisuusjätevesisopimus

Teollisuusjätevesisopimus on teollisen toimijan ja jätevedenpuhdistamon välinen sopimus, jossa sovitaan jätevedenpuhdistamolle saapuvan jäteveden koostumuksesta, määrästä, johtamistavasta ja sen esikäsittelystä. Lisäksi voidaan sopia yhteydenpidosta ja laaduntarkkailusta. (Lindberg 2013)

Jos toiminnanharjoittajalta tulee suuria jätevesimääriä, toiminnanharjoittaja voidaan velvoittaa rajoittamaan virtaamaa tasausaltaiden avulla tai toiminnanharjoittaja voi maksaa jätevedenkäsittelylaitokselle tasausaltaiden käytöstä puhdistamon päässä. Samoin toiminnanharjoittaja voidaan velvoittaa mittaamaan jäteveden määrää esimerkiksi silloin, kun tällä on oma vesilähde. Jäteveden esikäsittelyä, kuten hiekanerotusta tai neutralointia voidaan sopimuksessa vaatia toiminnanharjoittajalta. Myös esimerkiksi BAT-teknologian käyttämistä jäteveden esikäsittelylle voidaan velvoittaa sopimuksella. Jäteveden laaduntarkkailusta voidaan sopia näytteenottopaikat ja -välit sekä menetelmät. Jos toiminnanharjoittajalla on ympäristölupa, kannattaa siinä määritetyt seikat jäteveden laaduntarkkailusta ja kuormarajoista ottaa huomioon. Jos toiminnanharjoittaja on huomattava kuormittaja vesihuoltolaitoksen kokonaiskuormitukseen nähden, kannattaa tarkkailu yhdistää puhdistamon tarkkailunäytteiden ottoon, jolloin teollisuuden vaikutus puhdistamon toimintaan nähdään selvemmin. Viemäriin johdettavan jäteveden laadulle voidaan lisäksi asettaa erilaisia raja-arvoja. Raja-arvoja voidaan antaa pitoisuudelle ja/tai kuormitukselle (kg/d ja mg/l). (Lindberg 2013)

KOKEELLINEN OSA

6 Rajamäen tehdasalue

Rajamäen tehdasalue on syntynyt Altian tehtaiden ympärille. Alueella toimii Altian alkoholijuomatehtaan (AJT) ja teknisen etanoliyksikön lisäksi entsyymejä valmistava Roal Oy, voimalaitos, VTT:n pilottitehdas sekä muita pienempiä yrityksiä. Tehdasalueen jätevedet kerätään samaan paikkaan ja niiden sisältämille komponenteille on määrätty raja-arvot yhdessä ympäristöluvassa. Alueen merkittävimmät jätevesilähteet ovat AJT, Altian tekninen etanoliyksikkö ja Roalin entsyymitehdas. Käytännössä Altia laskuttaa muilta tehdasalueen yrityksiltä niiden osuuden jätevesimaksuista, jotka se maksaa Klaukkalan jätevedenpuhdistamolle. Tehdasalue sijaitsee pohjavesialueella ja Altia on sitoutunut pohjavesien suojeluun. Tehdasalueen käyttövesi tulee Altian kolmelta omalta ja Roalin yhdeltä pohjaveden pumppaamolta.

6.1 Jätevedet Altia Oyj:n tehdasalueella

Altian ympäristölupa on myönnetty vuonna 2006 ja se kattaa koko tehdasalueen jätevesien osalta. Ympäristöluvassa mainitaan Klaukkalan jätevedenpuhdistamon ja Altian välisen sopimuksen asettamat rajat jäteveden sisältämälle kuormalle. Kyseiset rajat on selvitetty taulukossa 12.

Taulukko 12. Altian ympäristöluvassa mainitut, Klaukkalan jätevedenpuhdistamon kanssa teollisuusjätevesisopimuksessa sovitut raja-arvot Altian tehdasalueen jätevesille.

	Yksikkö	Kuukausikeskiarvo	Päivämaksimi	Hetkellinen maksimi
Virtaama	m ³ /d	1620	2800	50 l/s
BOD	kg/d	950	1500	
Kiintoaine	kg/d	385	1000	
Fosfori, kokonais	kg/d	15	30	
Typpi, kokonais	kg/d	44	80	
pH				6-10

Taulukon parametreista tutkitaan virallisesti BOD, kokonaistyyppi, kokonaisfosfori, kiintoaine ja pH. Lisäksi tutkitaan COD ja ammonium-typpi. Virtaama saadaan virtausmittareista. Tärkeimpänä kuormituksen mittarina pidetään BOD-pitoisuutta, sillä luparajat ovat ylittyneet useimmiten sen osalta. Tehdasalueen jätevesianalyysit suorittaa ulkoinen laboratorio. Sille toimitetaan jätevedestä kokoamanäytteet viikonlopulta ja kerran viikossa arkipäivältä. Näytteenottopaikkoja on tehdasalueella neljä. Alkoholijuomatehtaalla on oma mittauspiste, toinen on Roalin entsyymitehtaan jätevedenpumppaamolla ja kolmas tehdasalueen keskuspumppaamolla. Teknisen etanolin lankkivedestä on alettu ottaa näytteitä vuoden 2015 aikana. Teknisen etanoliyksikön aiheuttama jätevesikuorma koostuu suurilta osin (jäteviina)tislauksen lakkivedestä.

Tehdasalueella on kaksi jäteveden pumppaamo (AJT:n ja Roalin) ja yksi keskuspumppaamo. Roalin pumppaamon kautta kulkeutuvat myös muiden alueen toimijoiden jätevedet, paitsi teknisen etanoli- yksikön, jonka jätevedet kulkevat viettoviemäriä pitkin suoraan keskuspumppamolle. ATJ:n pumppaamolle tulee vain AJT:n jätevesiä. Elokuussa 2015 jätevettä syntyi alueella keskimäärin noin 740 m³/d ja siitä noin 16 % tuli AJT:lta. Jäteveden BOD-kuormasta tulee kuitenkin noin

60 % AJT:lta. (LIITE 1) Liitteen 1 taulukossa sarake AJT/P6 kuvaa tehtaan COD-kuormaa (kg) jaettuna keskuspumppaamon COD-kuormalla. Viimeinen solu on keskiarvo arkipäiviltä. Virtaaman osuus AJT/P6 on laskettu koko kuukauden virtaamasta.

6.1.1 Keskuspumppamo ja jäteveden esikäsittely

Keskuspumppamo sijaitsee tehdasalueen itäreunalla ja siltä jätevedet pumpataan Klaukkalan jätevedenpuhdistamolle sovituin ehdoin. Käytännössä pumppaus tapahtuu suurilta osin yöaikaan virtaaman tasaamiseksi.

Keskuspumppaamolla on käytössä hiekanerotus ja välppäys. Näiden jälkeen on 70 m³ imuallas, jossa voidaan tarvittaessa säätää jäteveden pH:ta rikkihapolla tai natriumhydroksidilla ja sekoittaa jätevettä. Pumppausluvan ehtojen täyttyessä jätevesi pumpataan viemäriverkkoon. Jos virtaama on liian suuri (usein päiväsaikaan) voidaan vesi varastoida kahteen tasaussäiliöön (à 500 m³, toisessa ilmastusmahdollisuus) ja kolmeen varoaltaaseen 350 m³ ja 2 x 170 m³. Näin ollen talteen voidaan ottaa noin kahden vuorokauden jätevedet, jos putkistossa tai jätevedenpuhdistamolla on ongelmia. Jos kaikki säiliöt täyttyvät, valuu jätevesi läheiseen Koiransuolenojaan. Keskuspumppaamolta lähtevästä jätevedestä otetaan omavalvontaa varten kokoamanäyte joka päivä. Virallisia näytteitä on viikossa yksi arkipäivä sekä viikonlopun kokoamanäyte.

Matkalla puhdistamolle tehdasalueen jätevesi happanee nopeasti. Keskuspumppaamolla pH voi olla 11, mutta puhdistamolle päästessään jäteveden pH laskee jopa viiteen. Tästä voidaan päätellä jätevedessä olevan vielä mikrobitoimintaa, jonka seurauksena etanoli hapettuu etikkahapoksi.

6.1.2 Näytteenotto

AJT:n ja Roalin jätevesinäytteitä kerätään tehtaiden pumppaamoilta joka päivä ja näistä näytteistä suoritetaan myös omavalvontaa päivittäin. Omavalvonnassa

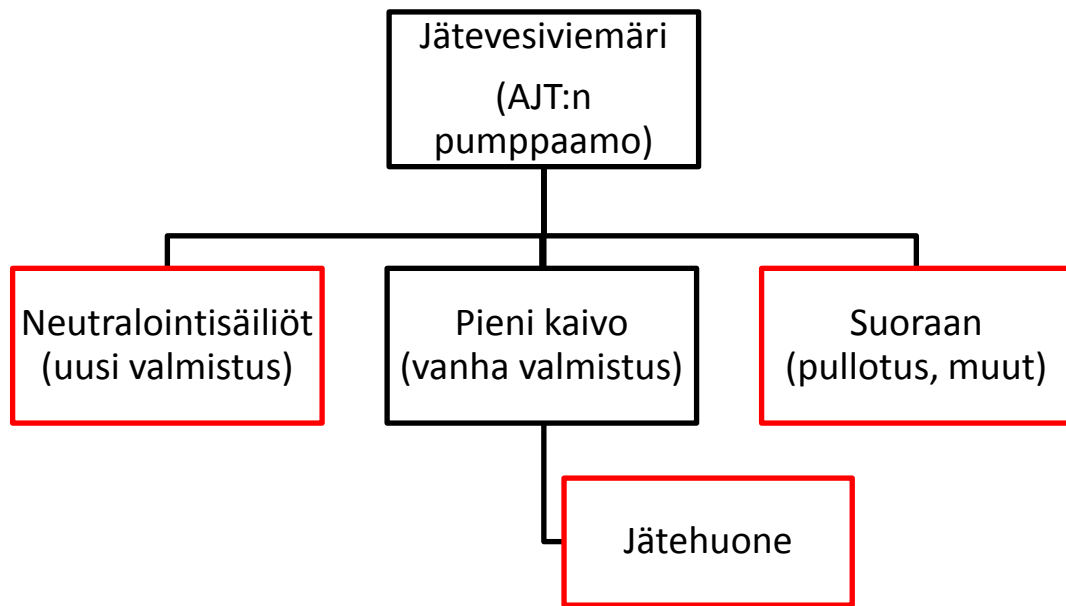
mitataan jäteveden COD-pitoisuuksia, sillä COD on huomattavasti nopeampi ja helpompi mitata ja sen voidaan katsoa noudattavan BOD-mittauksen tulosta tietyllä kertoimella. Omavalvonnassa analysoidaan samat näytteet kuin virallisessa analyysissä. Virallisina näytepäivinä sama näyte lähetetään myös ulkoiselle laboratoriolle.

AJT:n jätevesikuormituksen seurantaan käytössä näytteenottojärjestelmä, joka ottaa tehtaan jätevedestä näytteen päiväkohtaisiin astioihin 5 m³ virtaaman välein. Näytteenottoventtiili sijaitsee AJT:n pumppaamon poistoputkessa ja se avautuu 20 sekunnin aikana ja lähtee heti sulkeutumaan 20 sekunnissa. Päivän aikana kerätään siis keskimäärin 30 näytettä pimeässä jääkaapissa oleviin näytteenottosäiliöihin. Kokoamanäytteestä analysoidaan COD ja toisinaan etanolipitoisuus. Virallisina näytteenottopäivinä näyte lähetetään tämän jälkeen ulkoiselle laboratoriolle. Näytettä kertyy päivän aikana AJT:lta noin 4 litraa. Omavalvonnassa saadut tulokset ovat aikaisemmin poikenneet virallisista analyyseistä ja antaneet pienempiä tuloksia, mutta omavalvontaan panostamalla ero on pienentynyt huomattavasti.

6.2 Yleistä Altian alkoholijuomatehtaan jätevesistä

Alkoholijuomatehtaassa on kolme pääasiallista toimintoa. Tehtaalla valmistetaan, pullotetaan ja varastoidaan alkoholijuomia. Jätevettä syntyy eniten valmistuksessa ja pullotuksessa.

Tehtaan jätevedet kulkeutuvat AJT:n pumppaamolle kolmea mahdollista reittiä. Reitit on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. AJT:n viemärikaavio

Kuvassa esitetyt reitit ovat seuraavat:

1. Neutralointisäiliöiden (6 kpl à 20 m³) kautta
2. Pienen (1,8 m³) kaivon kautta
3. Suoraan viemäriputkea pitkin

Neutralointisäiliöitä on kuusi kappaletta ja niissä neutraloidaan mahdollinen >13 pH matalammaksi hiilidioksidilla. Pienessä kaivossa on etanoli-ilmaisoin ja panostyhjennys. Loput jätevesistä kulkeutuvat suoraan AJT:n pumppaamon 6 m³ kaivoon, johon myös 1 ja 2 reittiä kulkevat jätevedet lopulta päätyvät. Kaivossa on kaksi rinnakkaista pumppua, jotka kytkeytyvät pinnanmittauksen mukaan päälle. Kaivossa on myös ylivuotosuoja, joka johtaa ongelmatilanteessa jätevedet Roalin tehtaan jätevesipumppaamolle tai päinvastoin.

Eri reittejä kulkeutuvien jätevesien osuus COD-kuormasta on esitetty taulukossa 13.

Taulukko 13. AJT:n jäteveden BOD (COD)-kuorman jakautuminen tehtaan sisällä.

Osasto	Kuorma, %	Huomioita
Neutralointi	63	Sisältää uuden valmistuksen ja BIB-sarjan säiliöiden pesut
Jätehuone	9	Mausteutto ja -tislauk + piimaajäte
Pullotus + muu	28	Pullotus, logistiikka, tarvikevarasto,

Tässä työssä selvitettiin jätevesikuorman jakautumista tehtaan sisällä. Taulukossa 13 ja kuvassa 1 punaisella esitetyt kolmen alueen suhteelliset päästöt saatiin selville menetelmällä, jossa koko tehtaan jätevesinäytteen COD-kuormaan verrattiin näytteitä, jotka otettiin neutralointisäiliöistä ja jätehuoneesta.

Näytteenotto tapahtui seuraavasti: Kun neutralointisäiliö täyttyy, käynnistyy pumppu, joka kierrättää jätevettä joitakin minutteja. Samalla mitataan pH. Näytteet otettiin kierrätyksen jälkeen, ennen pH:n säätöä. Toisessa selvityksessä näytteitä otettiin jätehuoneen kautta kulkevasta jätevedestä jokaisen päästön alussa, keskellä ja lopussa. Näistä mittauksista laskettiin keskiarvo ja kerrottiin se päästöjen määrällä.

Kaksi viikkoa kestäneissä mittauksissa selvisi, että neutralointisäiliöiden kautta kulkee noin 63 % koko tehtaan jätevesikuormasta (COD). LIITE 2. Jätehuoneen kautta kulkevan kuormituksen määräksi arvioitiin 10 % koko tehtaan kuormituksesta. LIITE 3. Näin ollen muille toiminnoille jää noin 27 % kuormituksesta.

6.2.1 Alkoholijuomatehtaan jäteveden ominaisuuksia

AJT:n jätevesille määritetty BOD/COD-suhteen keskiarvo oli 0,67, joka on samaa luokkaa kuin koko tehdasalueen jätevesissä virallisten mittausten mukaan sekä samaa luokkaa kirjallisuusosassa esitettyjen BOD/COD-suhteiden kanssa. BOD/COD-suhde määritettiin Aalto-yliopiston jätevesilaboratoriossa. COD-

mittaukset tehtiin spektrofotometrillä (HACH DR3900, Yhdysvallat). Kaikki työssä esitettävät COD-mittaukset tehtiin tällä samalla mittarilla.

AJT:n jätevesinäytteitä, joiden COD tunnettiin, säilöttiin jääkaapissa kahden viikon ajan. Näytteitä analysoitiin seitsemän kappaletta kahdessa erässä (3+4) manometrisellä Oxitop-laitteistolla (WTW Oxitop IS, Yhdysvallat). Tarvittava mikrobiympäristö oli peräisin Helsingin Seudun Ympäristöpalveluiden (HSY) Espoon Suomenojan jätevedenpuhdistuslaitokselta. Näytteiden BOD-pitoisuuden arvioitiin olevan noin 2000, joten kasvualustan ravinnepitoisuus varmistettiin valmistamalla liuos, jossa oli typpeä 140 mg/l ja fosforia 40 mg/l, optimaalisen BOD:N:P suhteen ollessa 100:5:1. Näillä ravinnepitoisuuksilla suhteeksi tuli 100:7:2. Jätevesinäytteiden pH oli kolmessa ensimmäisessä näytteessä sallituissa rajoissa, mutta neljästä viimeisestä kolmen pH:ta piti säätää. pH:ta säädettiin rikkihappo/natriumhydroksidi-lisäyksin. Näytepulloon lisättiin ohjeen mukaan 20 ml jätevesinäytettä ja 7 ml ympäristö + ravinteet- liuosta ja 2 pisaraa nitrifikaation estävää allyylioureaa (ATU) sekä kaksi tablettia natriumhydroksidikiteitä. BOD-mittausten tulokset on esitetty taulukossa 14.

Taulukko 14 AJT:n jäteveden BOD-mittaukset ja BOD/COD-suhde.

Näyte	COD	BOD	BOD/COD, %	% -hajonnut, päivä				
				1	2	3	4	5
1	3895	2700	69,32	63,0	88,9	92,6	100,0	100,0
2	1581	900	56,93	77,8	88,9	88,9	88,9	100,0
3	2998	1700	56,70	17,6	94,1	94,1	94,1	100,0
4	2437	1700	69,76	47,1	88,2	94,1	94,1	100,0
5	2104	200	9,51	0,0	50,0	0,0	50,0	100,0
6	4657	3500	75,16	42,9	91,4	97,1	100,0	100,0
7	4533	3300	72,80	30,3	75,8	93,9	97,0	100,0

Taulukosta nähdään AJT:n jäteveden olevan kohtalaisen nopeasti hajoavaa. Yli 90 % hajoamiseen kului keskimäärin 3,29 vuorokautta. Tästä voidaan päätellä jäteveden olevan helposti hajoavaa. Sunnuntaisin (taulukon näyte 5) ei tehtaalla ole toimintaa ja mittaus otettiin mukaan vertailun vuoksi. Sunnuntain näytteen

COD on samaa luokkaa muiden päivien tuloksen kanssa, mutta BOD/COD on paljon matalampi. Näin ollen sunnuntaisin (ja mahdollisesti koko ajan) tehtaalta pääsee viemäriin jätevettä, jossa on komponentteja, jotka hajoavat kemiallisesti, mutta eivät biologisesti, ainakaan viiden päivän aikana kovin tehokkaasti.

Asukasvastineluku on kullekin päästöajalle määritetty vertailuluku, jolla teollisuuden jätevesien aiheuttamaa kuormitusta arvioidaan. Asukasvastineluku lasketaan yhdyskuntajätevesiasetuksessa 888/2006 määritetyllä tavalla. Asukasvastineluvuksi on määritetty $60 \text{ g}_{\text{BOD5}}/\text{hlö}/\text{vrk}$, joka vastaa $1,8 \text{ kg}_{\text{BOD5}}/\text{hlö}/\text{kk}$. Näinollen Altian alkoholijuomatehtaan keskimääräiset kuukausijätevesipäästöt $(16508 \frac{\text{kg}_{\text{COD}}}{\text{kk}} \cdot 0,67 = 11060 \frac{\text{kg}_{\text{BOD}}}{\text{kk}})$ ovat vuonna 2015 vastanneet 61445 ihmisen aiheuttamaa kuormitusta.

AJT:n jätevedesien pH vaihtelee suuresti käytettävien pesuaineiden ja happanevien viemäriin päässeiden tuotteiden takia. Tehtaalla käytetään emäksisiä pesuaineita (lipeää), joten jätevedet ovat aluksi emäksisiä. Kuitenkin lähes aina jätevesi happanee keskuspumppaamolla hiukan happaman puolelle (pH noin 5). Erityisesti jäteviina happanee sen sisältämän viinimäärän takia.

6.2.2 Alkoholijuomatehtaan jäteveden etanoli

AJT:n jätevesi sisältää etanolia keskimäärin alle 0,2 til.-%. Etanolia on kuitenkin aina jätevedessä jonkin verran. Kun jäteveden määrä on suuri, kasvaa myös etanolin kokonaismäärä. Kun seurattiin AJT:n jäteveden etanolipitoisuutta neljän päivän ajan, huomattiin että etanoli aiheuttaa tehtaan COD-kuormasta jopa 79 – 97 %. Etanolipitoisuuden ja COD-kuormien arvoja on esitetty taulukossa 15.

Taulukko 15. AJT:n jäteveden etanoli ja etanolin aiheuttama COD-kuorma verrattuna AJT:n kokonais-COD-kuormaan.

	Q	COD _{AJT}	COD _{AJT}	EtOH	EtOH,	COD _{EtOH}	COD _{EtOH} /COD _{AJT}
	m ³ /d	mg/l	kg	til.-%	kg	kg	%
1	175	4368	764	0,26	359	747	97,7
2	272	1954	531	0,095	204	424	79,8
3	163	2868	467	0,15	193	401	85,8
4	192	3456	664	0,18	273	567	85,5

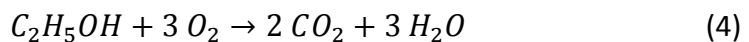
Vaikka seurantajakso on lyhyt, voidaan sen olettaa olevan edustava, sillä jakson ulkopuolella tehtyjen mittauksien tulokset ovat samaa kertaluokkaa. Jatkuva mittaus ottaa myös huomioon tuotannon vaihtelut. Taulukosta voidaan päätellä, että etanoli on tehtaan suurin COD-päästön komponentti. Etanolipäästön COD-kuorma laskettiin kertomalla etanolikilot kertoimella 2,08, joka saadaan yhtälöstä 4 eli etanolin palamisreaktiosta. Yhtälöstä 4 nähdään yhden etanolimoolin hapettumiseen kuluva kolme moolia happea. Massana tämä on:

$$3 \text{ mol} \cdot \left(2 \cdot 16,00 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) = 96 \text{ g}.$$

Yksi etanolimooli painaa:

$$1 \text{ mol} \cdot \left(2 \cdot 12,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 6 \cdot 1,008 + 16,00 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) = 46,068 \text{ g},$$

$$\text{jolloin } \frac{m(\text{O}_2)}{m(\text{EtOH})} = 2,08$$



Kun verrattiin (LIITE 4) AJT:n etanolipäästöä keskuspumppaamon päästöön, huomattiin, että noin 50-80 % keskuspumppaamon etanolista tulee AJT:lta. Loput tulee oletettavasti teknisestä etanoliyksiköstä. Koko alueen COD-päästöstä noin 70 % johtuu etanolista.

Tutkimuksessa määritettiin myös neutralointihuoneen kautta kulkevien jätevesien sisältämä etanoli. (LIITE 5) Keskimääräinen etanolipitoisuus til.-% oli 0,27. Yhdestä

neutralointisäiliöstä tyhjenee kerralla 18500 litraa jätevettä. Tyhjennettäessä yksi säiliö pääsee viemäriin keskimäärin 39 kg etanolia. Tämä vastaa 82 kilogramman COD-päästöä. Päivässä säiliötä tyhjennetään noin 3,33 kertaa, jolloin päiväpäästö neutralointihuoneesta on noin 272 kg_{COD}, joka vastaa noin 48 % koko tehtaan COD-kuormasta.

AJT:lla käytetään desinfiointiin til.- 70% etanolia (pirtua). Desinfiointipirtut menevät lähes poikkeuksetta lattialle, sillä niitä on hankala kerätä talteen. Desinfiointeja tehdään enenemässä määrin, kun tuotetaan matala-alkoholisia tuotteita. Toisaalta tällöin itse tuotteen joutuminen viemäriin ei aiheuta niin suuria päästöjä.

6.2.1 Jätevesipäästöjen ehkäiseminen alkoholijuomatehtaalla

Vähennettäessä alkoholijuomatehtaalta suoraan viemäriin menevän, tuotteista tai puolivalmisteista tulevan, COD-pitoisuuden määrää, kulkeutuu tämä pitoisuus johonkin seuraavista: tuote, uudelleenkäyttöviina tai jäteviina. Työtapoja muuttamalla on tavoitteena saada mahdollisimman paljon tuotetta pulloitettavaksi. Kun tuotetta ei voida saada enempää pulloon, mutta ylijäämä soveltuu uudelleenkäyttöön (maustamattomat ja sokerittomat tuotteet), voidaan se käyttää uudestaan. Viimeisenä vaihtoehtona ylimäärätuotteelle on jäteviina, josta alkoholi tislataan tekniseen käyttöön.

Alkoholijuomatehtaalla tuotteiden joutumista viemäriin ehkäistään muun muassa keräämällä talteen jäteviinaa. Jäteviinasta voidaan tislata etanolia tekniseen käyttöön. Jäteviinaan kerätään esimerkiksi tuotteiden suodatuksessa kertyvä retentiojäte ja pumppauksien jälkeen letkuun tai putkiteihin jäävä vähäinen määrä tuotetta. Potentiaalista jäteviinaa syntyy yksittäisessä työvaiheessa vähän, mutta sitä syntyy lähes jokaisessa työvaiheessa. Jäteviinaan ei laiteta tuotteita joiden etanoli til.- % on alle 9, eikä kermatuotteita.

Kun AJT:lla vähennetään jäteveden määrää, nousee jäteviinan (ja mahdollisesti tuotteiden) määrä. Jäteviinan tislauksesta aiheutuu päästöjä tislamon tuottaman lankkiveden korkean COD-pitoisuuden vuoksi. Lankkiveden korkea COD-pitoisuus aiheutuu sokereista ja tuotteissa olevista muista orgaanisista aineista.

Aikaisemmin tehtaalla on valmistettu tuotteita ylijäämäviinaseoksesta. Nykyisin säiliökapasiteetti ei riitä seosviinan laajamittaiseen varastointiin ja maun stabiloimiseen. Jäteviinaa syntyy näin ollen enemmän kuin ennen.

Possutuksella voitaisiin vähentää tarvittavan työntöveden määrää, jäteviinaan menevän veden määrää ja kasvattaa pulloon saatavan tuotteen määrää. Possujen käyttö nykyisillä putkiteillä ei kuitenkaan ole mahdollista.

7 Alkoholijuomatehtaan jätevesilähteet ja niiden aiheuttama kuorma osastoittain

AJT ei ole tislaamo, viinin valmistaja eikä panimo. Silti jäteveden lähteet tehtaalla ovat suurelta osin samanlaisia kuin kirjallisuusosassa mainitut. Tehdas ottaa raaka-aineena vastaan vahvoja etanolituotteita, joihin lisätään muita alkoholijuomien komponentteja. AJT:lla syntyy jätevettä noin 0,84 m³/t tuotetta. Tämä on huomattavasti vähemmän, kuin esimerkiksi oluen tuotannossa (2,2 - 8,7 m³/t tuotetta). Ero johtunee juurikin varsinaisen valmistusvaiheen puuttumisesta.

AJT:n toiminnoissa syntyy jätevettä lähes jokaisessa työvaiheessa. Tästä johtuen jätevesipäästöt ovat tehtaan sisällä jakaantuneet paria poikkeusta lukuun ottamatta melko tasaisesti. Osa jätevedestä on tuote-vesi-rajapintaa. Tehokas jäteviinan kerääminen ja huolellisuus työvaiheita suoritettaessa vähentävät jätevesipäästöjä huomattavasti.

Selvitetyt jätevesipäästöt tehtaalla on esitetty liitteessä 6 (LIITE 6) Liitteen taulukko tehtiin jäteveden jakautumisen ensiselvityksen jälkeen asettamalla osastoille niiden selvitettyt prosentit jäteveden kuukausikuormasta COD-kuorman osalta. Kuukausikuorma COD:lle laskettiin kuukausikuormien keskiarvosta. Koska jätevesikuormitus vaihtelee kuukausittain, ei arvo välttämättä ole tarkoin mahdollinen. Kuukausikuorman määrittämisen jälkeen alettiin selvittää osastojen toimintoja ja niiden aiheuttamaa kuormaa. Toimintoja, joiden kuormaa ei voitu mitata piti arvioida.

Taulukossa huomionarvoista on selvittämättä olevat osuudet. Valmistuksen päästöistä jopa yli 50 % ja pullotuksen päästöistä yli 40 % tulee tuntemattomista lähteistä, tai vaihtoehtoisesti päästöt, jotka tunnetaan, ovat isompia kuin on arvioitu. Voidaan myös väittää, ettei suuria yksittäisiä päästölähteitä ole kovinkaan monta. Suurimmat yksittäiset päästöt tulevat nesteraaka-aineiden vastaanotosta ja mausteiden uutosta ja tislauksesta. Liitteessä 6 prosenttiluvut, jotka ovat lihavoitujen prosenttien välissä, kertovat toiminnon osuuden kyseisestä

osastosta. Esimerkiksi suodattimien pesu aiheuttaa 5,4 % uuden valmistusosaston päästöistä. Osa taulukon arvoista on mitattuja ja osa mittausten perusteella arvioituja.

Taulukkoa käytettiin apuna etsittäessä keinoja, joilla päästöjä kannattaa vähentää. Myös pienet lähteet on helppo poistaa, jos niiden syy tiedetään. Näin saatiin liitteen 7 taulukko.

7.1 Valmistusosastot

Altian alkoholijuomatehtaassa on kaksi valmistusosastoa. Niin sanotulla uudella puolella valmistetaan juomasekoituksia ja pienemmän menekin maustetut viinat sekä käsitellään kaikki viinit. Vanha puoli keskittyy suurien volyyymien tuotteisiin ja mausteiden uuttoon ja tislaukseen. Molemmilla osastoilla jätevesiä aiheuttavia toimintoja ovat nesteiden siirrot, säiliöiden pesut ja tuotteiden suodatukset. Usein näissä toiminnoissa viemäriin menevä jätevesi on osaksi tuote-vesi-rajapintaa, jolloin viemäriin joutuu alkoholia. Valmistusosastojen jätevedet menevät eri teitä jätevesiviemäriin. Kuten edellisessä kappaleessa mainittiin: uuden valmistuspuolen jätevedet kulkevat neutralointisäiliöiden kautta, (joissa mahdollinen emäksinen jäteveden pH säädetään hiilidioksidilla enintään arvoon 13) ja vanhan valmistuksen jätevedet kulkevat pienen 1,8 m³ kaivon kautta. Neutralointia (pH:n laskua) tarvitaan nykyisin entistä harvemmin, sillä jäteveden mukana tulee jonkin verran viiniä, joka on hapanta ja jatkaa happanemistaan.

Uuden puolen toimintoihin kuuluu nesteraaka-aineiden vastaanotto konttiaseman kautta. Konttiaseman kautta saapuvat kaikki tehtaalla käytettävät nesteet paitsi vesi ja etanoli. Konttiasemalle tulee päivittäin yhdestä kuuteen kontillista (24 000 l) viiniä ja ajoittain nestesokeria ja vahvoja (til.-% 70, 20 000 l) alkoholitiseleitä sekä 50 m-% lipeää. Liitteen 6 taulukosta voidaan laskea viini- ja viinavastaaottojen eli konttiaseman aiheuttaman kuormituksen olevan noin 19 % koko tehtaan COD-kuormituksesta ja noin 30 % valmistuksen kuormasta. Muita jätevesilähteitä ovat muun muassa letkujen ja putkien pirtutus eli desinfiointi 70

til.-% etanolilla. Pirtutus aiheuttaa COD-kuormaa jopa 460 kg kuukaudessa. Kuten sarakkeesta ”Selvittämättä” nähdään, jätevesikuorman lähteistä yli puolet jäi tuntemattomaksi. Suodatusten ja pesujen aiheuttamat kuormat ovat arvioituja, ja ne voivat olla todellisuudessa erisuuruiset. Kaikki arviot on kuitenkin tehty prosessiin tutustuen ja COD-mittausten sekä toiminnon toistuvuuden selvittämisen avulla. Siirtojen määrää ei lähdetty arvioimaan, sillä niitä tapahtuu lukemattomia. Jokaisessa työvaiheessa on käytännössä siirto mukana, mutta on myös työvaiheita, joissa vain siirretään tuotetta säiliöstä toiseen tai jaetaan säiliö. Lisäksi juomasekoitusten valmistuksissa automatisointia ei ole käytännössä lainkaan. Tällöin pienempiä siirtoja kertyy esimerkiksi nestesokerille, aromeille ja tisleille.

Vanhan valmistusosaston toimintoihin kuuluu mausteiden uutto ja tislaus. Näiden jätevedet kulkevat jätehuoneen kautta. Jätehuoneen läpi kulkevat jätevedet vastaavat noin 9,6 % tehtaan COD-päästöistä. Lisäksi vanhalla valmistusosastolla on paljon samoja toimintoja kuin uudellakin. Tehtävät erät ovat kuitenkin suurempia ja niitä on vähemmän. Lisäksi vanhan valmistusosaston valmistukset ovat pitkälle automatisoituja, vain aromit lisätään käsin.

7.1.1 Jätehuoneen kautta kulkevat jätevedet

AJT:llä tehdään vuosittain noin 43 mausteuuttoa. Uutteita voidaan vielä tislata tai käyttää sellaisenaan juomasekoituksiin. Mausteita voidaan myös tislata vesi-etanoliseoksessa, tällöin kyseessä on SDE (*engl.* simultaneous distillation extraction).

Mausteita uutetaan tietty aika, jonka jälkeen neste otetaan talteen. Tämän jälkeen voidaan suorittaa vielä toinen uutto samoilla mausteilla. Kun uutospannu on laskettu tyhjäksi tähän voi kulua päiviä, mausteseosta voidaan huuhdella vedellä ja johtaa syntynyt alkoholipitoinen neste jäteviinaan. Pitkän valuttamisen seurauksena osa massasta kuivuu ja ”jämähtää” pannuun. Tämän jälkeen uutospannu täytetään vedellä, jotta tyhjennys olisi helpompaa. Tähän veteen

liukenee marjamassasta vielä vähän etanolia, mutta myös aromeja ja muita orgaanisia yhdisteitä. Pannun alaventtiili avataan ja pannun ylä- ja alapuolelta syötetään lisää vettä.

Korkean COD-kuorman jätevettä syntyy näin ollen noin uutospannun tilavuuden verran eli 5 m³. Huuhteluveden COD-pitoisuus voi kasvaa jopa arvoon 100 000 mg/l. Uutoksia tehdään usein muutama rinnakkain, jolloin pannujen tyhjennyksestä aiheutuva kuorma on kertaluontoinen ja hyvin korkea. Tällaisen kuormituspiikin osuminen viralliselle näytepäivälle aiheuttaa vääristymää jätevesitilastoissa. Tislauksissa jätevesi ei ole yhtä kuormittavaa, eikä sitä synny yhtä paljon, mutta tislauspannun tyhjennysprosessi on samankaltainen.

Myös piimaasuodatuksen jätevedet kulkevat saman huoneen kautta. Piimaavettä lasketaan viemäriin noin kerran kuukaudessa noin 10000 litraa ja sen COD-pitoisuus on 300 mg/l, jolloin sen aiheuttama kuorma on noin 300 kg_{COD}/kk, joka on noin 18,7 % jätehuoneen 1600 kilon kuukausikuormasta.

Tulevaisuudessa mausteutot voidaan mahdollisesti tehdä ylikriittisellä hiilidioksidilla. Ylikriittisestä hiilidioksiduutosta ei tule jätevesipäästöjä lainkaan. Ylikriittistä hiilidioksiduuttoa on tutkittu paljon ja siinä voidaan käyttää apuaineena esimerkiksi etanolia. Altialla on hiilidioksidia valmiina ja prosessissa käytettävä hiilidioksidi on kierrätettävissä.

7.2 Pullotus

AJT:lla on seitsemän pullotussarjaa, joista kaksi on BIB-sarjoja (Bag-in-Box). Neljä pullotussarjoista on pullotussalissa, joissa jätevesipäästöjä syntyy pesuissa, tuotevaihtoissa sekä pullojen rikkoutuessa esimerkiksi kolareissa tai pullolavan kaatuessa sekä pesuissa ja desinfioinneissa. Myös pullotussarjojen ratojen voiteluun käytettävä ratavoiteluaine aiheuttaa COD-kuormaa jäteveeseen. BIB-sarjojen jätevesipäästöt aiheutuvat pussien hajoamisesta, puutteellisesta jäteviinan keräämisestä ja tuotevaihtoista sekä pesuista ja desinfioinneista.

Pullotuksen viinapäästöistä viemäriin on tehty selvitys vuonna 2014. Selvitystä ei koettu tarpeelliseksi uusia sillä pullotuslaitteet ja käytännöt eivät ole tämän jälkeen muuttuneet.

Liitteen 6 taulukosta nähdään, että tuotevaihtojen aiheuttamaksi COD-kuormaksi on arvioitu 922 kg_{COD}/kk (20 % pullotuksen kuormasta), BIB-sarjojen tuotevaihtojen kuormaksi 650 kg_{COD}/kk (14 %) ja ratavoitelun kuormaksi 245 kg_{COD}/kk (5,3 %).

7.3 Muut osastot

Muilla osastoilla eli logistiikassa ja tarvikevarastossa syntyvät jätevedet ovat vähäisiä verrattuna valmistusosastojen ja pullotuksen aiheuttamaan jätevesikuormaan. Päästöjä voi aiheutua esimerkiksi tuotelavan kaatuessa varastossa. Talousveden käyttö on lähes merkityksetöntä verrattuna valmistuksen ja pullotuksen vedenkäyttöön ja sitä kautta jätevesien määrään. Asukasvastineluvulla laskettu 250 henkilön COD-kuorma joka arkipäivä vastaa 10,3 % AJT:n COD-päästöstä.

Kun työntekijöiden määrä kerrotaan asukasvastineluvulla, oletetaan että työntekijät muun muassa pesevät pyykkiä ja valmistavat ruokaa työpaikalla sekä ovat työpaikalla myös vapaa-aikana. Näin ollen työntekijöiden aiheuttama jätevesikuorma on pienempi kuin tässä mainittu, mutta sen tarkempi arviointi ei ole tarkoituksenmukaista ja asukasvastineluvulla saadaan kohtuullinen arvio kuorman suuruudesta.

7.4 Tuotteiden COD-arvoja

Työn aikana mitattiin monien tuotteiden ja puolivalmisteiden sisältämä kemiallinen hapenkulutus. Taulukossa 16 on esitetty eräitä näistä tuotteista.

Taulukko 16. Eräiden tuotteiden ja puolivalmisteiden aiheuttama kemiallinen hapenkulutus.

Tuote	COD, mg/l
Kermatuote	734 000
Alkoholiton glögi	200 000
Nestesokeri	805 000
Glögi	515 000
Maustettu viina (35 til.-%)	495 000
Maustamaton viina (38 til.-%)	536 000

Taulukossa 16 nähtävät arvot ovat todella korkeita verrattuna jäteveden sisältämään hapenkulutukseen. Jos esimerkiksi kokonainen säiliö nestesokeria pääsisi vuotamaan lattialle ja sitä kautta viemäriin, olisi sen aiheuttama COD-kuorma jopa 24150 kg. Juuri tällaisia tilanteita varten varoaltaita on olemassa. Jo pienempikin määrä tuotetta viemärissä aiheuttaa suurehkon kuorman. Tämän takia tuotteiden ja puolivalmisteiden joutuminen viemäriin on estettävä kaikin keinoin.

Tehtaalla on kehitetty myös COD-laskuri (Excel-talukko), joka laskee tuotehävikin aiheuttaman kuorman tuotteen sisältämän alkoholin ja sokerin perusteella. Tätä työkalua käytetään esimerkiksi pullotusprosessissa hajonneista pulloista aiheutuneen COD-päästön laskentaan. Laskurin tarkkuus on hyväksyttävällä tasolla, kuin päästöt ovat litramäärältään pieniä. Esimerkiksi taulukon kahden viimeisen tuotteen COD-pitoisuudeksi saatiin laskurilla 575 000 ja 627 900 mg/l.

8 Tehdyt toimenpiteet

Jäteveden kuorman pienentämistä varten tehtiin toimenpiteitä ja kokeita ympäri tehdasta. Toimenpiteet keskittyivät valmistusosastoihin ja erityisesti mausteuuttoihin ja tislauksiin. Moni tehdyistä toimenpiteistä oli lopulta vain pieni muutos työtapoihin tai ohjeistukseen sekä käytäntöihin.

8.1 Toimenpiteet mausteuuton jätevesikuorman vähentämiseksi

Kaikki mausteuuttojen ja tislausten sekä piimaasuodatusten jätevedet kulkevat jätehuoneen läpi. Jätehuoneen tarkoituksena on lähinnä erottaa sen läpi kulkevasta vedestä karkea kiintoaine. Jätehuoneen läpi kulkee 9,6 % koko tehtaan COD-kuormituksesta. Jätehuoneen läpi kulkevien vesien COD-pitoisuuden vaihtelevat 27 000 – 107 000 mg/l välillä.

Ennen työn aloitusta tehtiin esitoimenpiteenä seuraavasti: syntynyt mauste- ja tislausjäte ohjattiin suoraan uutospannuista tehtaan ulkopuolella olevaan 50 m³ säiliöön, jonka imuauto tyhjensi. Kiintoaineen erotus tästä jätevedestä oli hankalaa ja kallista eikä jäteveden sisältämä alkoholi riittäisi pitämään säiliötä sulana talvella, joten ulkosäiliöstä luovuttiin syksyn aikana. Sen sijaan asennettiin uusi, pienempi säiliö jätehuoneen alle, jolloin nykyisin käytössä oleva kiintoaineen erotus saatiin hyödynnettyä ja säiliöön kulkeutui pelkkää nestettä.

Jätehuoneen alle asennetun säiliön koko on 6 m³ ja sen tarkoituksena on kerätä suurimmat päästöt erilleen jätevesiviemäristä. Säiliöön menevät kaikki jätehuoneen kautta kulkevat jätevedet. Jos säiliö on täynnä tai jätehuoneen kautta tulee esimerkiksi pienikuormaista pesuvettä, voidaan säiliö ohittaa venttiiliä kääntämällä.

Tätä talteen otettavaa jätevettä oli tarkoitus esikäsitellä ja siten laskea sen COD-pitoisuutta, jotta vesi voitaisiin päästää viemäriin. Esikäsittelyvaihtoehtoja olivat biosuodin, suodatus, saostus ja kemiallinen hapetus.

Mausteuuttojen aiheuttaman jätevesikuorman pienentämistä tutkittiin myös selvittämällä uutospannujen tyhjentämismahdollisuuksia vähemmällä vedenkäytöllä, paineella tai imulla. Lisäksi selvitettiin maustemassan hyötykäyttömahdollisuuksia (poltto, bioenergia). Eri vaihtoehdot mausteuuton ja tilauksen jätevesien COD-(BOD)-kuorman pienentämiselle on esitetty taulukossa 17.

Taulukko 17. Vaihtoehtoja mausteuuttojen ja tislausten jätevesien esikäsittelylle.

Käsittelymenetelmä	COD-vähennys, %	Huomioita
Biosuodin	-	Jätevesi on liian vahvaa
Suodatus	10	Jäteveden COD on liuenneessa muodossa
Saostus	25	Jäteveden COD on liuenneessa muodossa / ei saostuvassa muodossa
Kemiallinen hapetus	-	Kustannukset nousevat liian suuriksi
Paine/imutyhjennys	-	Pannut eivät sovellu
Jätteenpoltto	-	Polttolaitoksen ympäristölupa ei salli
Veden kohdennus	0	Tarvittavan veden määrä vähenee noin 75 %

Jätehuoneen kautta kulkevat jäteveden COD-pitoisuus on 27 000 – 107 000 mg/l. Tällainen pitoisuus on useiden lähteiden mukaan liian suuri biosuotimelle.

Seuraavissa kokeissa käytettiin näytettä, joka oli otettu edellä mainitusta 6 m³ säiliöstä, johon tislausten ja uuttojen jätevedet sekä piimaasuodatuksen jätevedet kerätään. Näytteen COD-pitoisuus mitattiin ja se oli noin 60 600 mg/l.

Suodatuskoe tehtiin 500 ml paineilmatoimisen suodatuslaitteiston avulla. Suodattimina käytettiin kahvisuodatinta ja BLLXD-selluloosalevyä. Näytteen COD-pitoisuus laski näillä toimilla noin 10 %. Suodatusnopeus myös hidastui nopeasti, mistä voidaan päätellä suodatuksen lienevän hankalaa, jos mittakaavaa nostetaan.

Saostuskokeessa näytteeseen lisättiin bentoniittia, joka synnytti sakan ja näytteen COD laski noin 25 %. Bentoniittia lisättiin eri määriä näytteisiin, mutta ensimmäisen kokeen jälkeen ei lisäysmäärän optimointia nähty tarpeelliseksi.

Painetyhjennyksessä uutospannu olisi ensin tyhjennetty normaalisti uutteesta ja lopuksi laskettu maustemassan sekaan vettä. Uutospannun paineistuksella tyhjennys olisi onnistunut avaamalla venttiili jätehuoneessa. Uutosastiat eivät kuitenkaan ole soveltuvia paineastioiksi. Käytännössä tämä tekniikka vaatisi astioiden uusimisen, johon ei haluttu ryhtyä. Painetyhjennyksen kaltainen vaihtoehto astioiden helpompaan tyhjennykseen voisi olla alipainetyhjennys eli imu.

Tutkimuksessa mietittiin mahdollisuutta polttaa uutosjäte tehdasalueen hakevoimalaitoksessa. Jätettä olisi voinut kuivattaa ulkona tai jättää sen etanolipitoisuus korkeaksi, jolloin palaminen olisi ollut edullista ja jäteviinan määrä olisi vähentynyt. Voimalaitoksen ympäristölupa kuitenkin sallii vain ja ainoastaan puupohjaisten polttoaineiden polton laitoksessa. Lisäksi tällä hetkellä uutosjätteen kiinteä osa kompostoidaan. Polttaminen on huonompi vaihtoehto jo ”loppusijoitetulle” jätteelle. Myös uutosjätteen mädättämistä harkittiin, mutta jätettä ei synny tarpeeksi eikä kaasulle ole tehtaan ympäristössä ostajaa tai käyttäjää.

Kemiallisen hapetuksen mahdollisuutta tutkittiin laskemalla tarvittava vetyperoksidin määrä, jos halutaan hapettaa kuutio jätevettä, jolla on sama COD-pitoisuus kuin jätevesinäytteellä. Tarvittavan vetyperoksidin määräksi arvioitiin 2,1 kg/kg_{COD} käytettäessä 100 % H₂O₂. Yksi kuutiometri sisältää 60 kilogramman COD-kuorman. Tämän hapettamiseen tarvitaan siis 127,26 kiloa 100 % vetyperoksidia. Käytössä oli vain 5 % vetyperoksidia, jolloin tarvittava määrä olisi ollut 509 kiloa. Vetyperoksidille ei ole tehtaalla muuta käyttöä eikä koetta varten koettu tarpeelliseksi hankkia vahvempaa vetyperoksidia.

Uutospannujen alla kulkeva tyhjennysputki on yhteinen kaikille pannuille. Siihen on yksi vesiyhde. Tämä putki päätettiin osastoida, jotta veden paineen saisi tarkemmin kohdistettua tyhjennyksessä kullakin hetkellä olevan pannun pohjaan. Tämän toimenpiteen pitäisi vähentää veden määrää noin 75 %, jolloin 6 m³ säiliöön mahtuu neljän uutuskerran jätevedet yhden sijasta.

Lopulta jätehuoneen jätevesien osalta päädyttiin ratkaisuun, jossa laaditaan aikataulu eri mausteuttujen suorittamiselle, jotta ainakin suurimmat kuormat saadaan talteen säiliöön, joka voidaan tyhjentää imuautolla. Jos jotain muuta on pakko valmistaa samaan aikaan, sen jätevedet lasketaan hitaasti säiliön ohi viemäriin. Näin vältetään suurilta kuormituspiikeiltä, jotka viralliselle näytenäytävälle osuessaan aiheuttavat vääristymää COD-pitoisuudessa ja sitä kautta kuorman mittauksessa.

8.2 Toimenpiteitä muualla tehtaassa

Toimenpiteet muualla tehtaassa liittyivät työtapoihin ja niitä varten ei tarvitse tehdä investointeja. Poikkeuksena oli konttiaseman vesiyhde, jota pitää pidentää.

Koko tehdasta koskevana toimenpiteenä päätettiin tiedottaa työntekijöille jätevesiongelmasta. Jätevedestä, sen kuormasta ja kuorman aiheuttajista pidettiin kaksi infotilaisuutta ja kolmas on suunnitteilla. Työntekijöitä kehoitettiin miettimään työtapoja tai työvaiheita, joissa tuotteita pääsee viemäriin ja kertomaan niistä. Heitä kehoitettiin myös keräämään jäteviina talteen tehokkaammin ja raportoimaan mahdolliset päästöt ja vuotavat venttiilit tai hanat entistä aktiivisemmin.

8.2.1 Matala-alkoholiset tuotteet

Mittaamalla osoitettiin, että alkoholittomien tuotteiden COD voi olla jopa 200 000 mg/l (Taulukko 16). Alkoholittomista tuotteista ei voi tislata etanolia talteen ja ylimäärä (esimerkiksi virheelliset erät, suodatusjätteet ja siirtopumppausten jäämät) on aikaisemmin kaadettu viemäriin. Työn aikana näitä tuotteita sekä muita matalan alkoholipitoisuuden (alle 9 til.-%) tuotteita alettiin keräämään talteen erillisiin kontteihin pullottamossa ja valmistusosastoilla. Lisäksi sokerit ja aromit, joita on pieniä ylimääriä kaadettu viemäriin, otetaan nyt talteen kyseisiin kontteihin.

Jäteviinaan ei voida myöskään laittaa kermapohjaisia tuotteita, sillä ne palavat kiinni tislauskolonniin. Aiemmin kermapohjat, vialliset erät ja kaikki ylimääräinen tuote on laskettu viemäriin. Työn aikana aloitettiin myös kermatuotteiden keräys samoihin kontteihin kuin matala-alkoholiset tuotteet. Lisäksi päätettiin tarpeen vaatiessa (jos COD-kuorma näyttää olevan korkea) kerätä myös muita korkean kuormituksen tuotteita, kuten glögejä, samaisiin kontteihin.

Konttien tyhjennys ajoitetaan niin, että jos jätehuoneen alapuolisen säiliön tyhjentävän imuauton edellisen käyntikerran jälkeen on kerääntynyt kontillinen (1 m³) matala-alkoholista ”jäteviinaa”, tyhjentää sama imuauto vielä tämänkin kontin. Matala-alkoholisten ja kermaa sisältävien tuotteiden on arvioitu kuormittavan tehtaan jätevettä noin 168 kg_{COD}/kk.

8.2.2 Piimaan korvaus

Piimaata käytetään tehtaalla usean eri tuotteen suodattamiseen. Testien ja toimittajalle tehdyn kyselyn perusteella eräällä kalvosuodatustekniikalla päästään joidenkin tuotteiden kanssa samoihin tuloksiin kuin piimaasuodatuksella. Näin ollen tällä suodatustekniikalla voidaan korvata noin puolet piimaasuodatuksista. Piimaasuodatukset aiheuttavat piimaavetenä noin 300 kg_{COD}/kk suuruiset päästöt. Lisäksi piimaasuodatuksista aiheutuu jätevesipäästöjä lattialle pääsevän tuotteen muodossa jonkin verran. Vaihtamalla kalvosuodatuksen piimaavesipäästöt sekä lattialle joutuvat tuoteroiskeet puolittuvat.

8.2.3 Nesteraaka-aineiden vastaanotto

Nesteraaka-aineiden vastaanottotekniikkaan tehtiin uusi ohje, jolla on tarkoitus vähentää tuotteen joutumista lattialle siirron alussa ja lopussa. Lisäksi jätevesilähteiden selvityksessä huomattiin, että jokaisen siirtopumppauksen lopussa konttiasemalle jää jopa 70 litraa tuotetta letkuun, joka täytyy tyhjentää, ennen kuin sen voi siirtää vesiyhteen luokse. Tämän jäännöksen kerääminen talteen ei ollut mahdollista kohtuullisella vaivalla. Vesiyhteen jatkamisesta tehtiin

talon sisäinen aloite. Laskennallisesti konttiaseman tuottama COD-kuorma on noin 20 % tehtaan kuormasta ja tällä pienellä investoinnilla kuormituslähde saadaan lähes kokonaan poistettua.

8.2.4 Pirtupuhallus

Käsiteltäessä viinejä ja matala-alkoholisia tai alkoholittomia tuotteita (ja tasaisin väliajoin muulloinkin), käytettävät letkut pestään vedellä ja desinfioidaan pirtulla. Tutkimuksessa selvisi, että tämä desinfiointineste on päässyt lattialle. Pirtu on puhallettu hiilidioksidilla letkun läpi eikä sitä kerätty talteen. Neste on kuitenkin mahdollista ottaa talteen ja näin alettiin tehdä. Pirtu aiheuttaa kuormaa tehtaan jäteveeteen noin 460 kg_{COD}/kk ja se saataisiin tällä toimenpiteellä talteen kokonaan ja hyödynnettyä uudelleenkäyttö- tai jäteviinana.

8.2.5 Muita toimenpiteitä

Ennen työn tekemistä omaseurannan näytteitä ei oltu analysoitu hyvän laboratoriotavan mukaisesti. Osana työtä tehtiin näytteiden analysoimiselle ohje. Suurimmat muutokset entiseen tapaan olivat uusien pipetin kärkien käyttö, näytteiden laimennosohje sekä näytteiden edustavuuden varmistus (sekoitus ja säilytys kylmässä ja pimeässä). Ohjeen käyttöönoton jälkeen omavalvonnan COD-mittaustulokset saatiin lähemmäs virallisen laboratorion tuloksia. COD-mittausten epävarmuus aiheuttaa välillä lisäkuormaa ja välillä pienempää kuormaa. Tämä ongelma on ollut vain omavalvonnassa, sillä ympäristöluparajojen noudattamisen seurannassa käytetään ulkoisen laboratorion mittaustuloksia.

Tarkastettaessa omavalvonnan näytteenottoa huomattiin myös, että näytteenottoastiat aiheuttavat ylimääräistä kuormaa mittaustuloksiin. Syyksi paljastui se, ettei käytettäviä näyteastioita pesty näytteenoton jälkeen. Esimerkiksi perjantain astiasta aiheutui noin 500 mg/l COD-pitoisuus, kun sinne laskettiin vettä ja siitä mitattiin COD. Näyteastiat on mahdollista pestä jokaisen

näytteenoton jälkeen ja tällainen menettely aloitettiin. Näyteastioiden aiheuttama ylimääräinen kuorman näky myös virallisissa mittauksissa.

Uusia toimintaohjeita laadittiin lisäksi laadunvalvonta- ja tuotekehityslaboratorioihin kermatuotteiden ja matala-alkoholisten tuotteiden ja sokerien sekä aromien keräyksen varmistamiseksi. Ohjeita laadittiin myös pullotukseen, esimerkiksi toimintaan tuotelavan kaatuessa pullotussarjojen pakkauskoneilla työskenteleville: Enää ei huuhdota särkyneiden pullojen sisältöä vedellä viemäriin vaan se kerätään talteen märkäimuiureilla, jotka viereisen osaston, eli logistiikan puolella ovat jo olemassa.

Työssä mietittiin myös mahdollisuutta tehdä toimenpiteitä tehdasalueen keskuspumppaamolla. Harkintalistalla oli muun muassa biosuodin. Keskuspumppaamolla otettiin juuri ennen työn alkua käyttöön BioAmp-laitteisto, joka vähentää BOD-kuormaa bakteerien avulla. Keskuspumppaamon uudet toimenpiteet jäädettiin liian hankalina toteuttaa.

Pullotuksen ratavoiteluaineen käyttöä alettiin seurata, kun havaittiin muutaman venttiilin olevan ”auki”-asennossa koko ajan.

9 Tulokset ja niiden teknillistaloudellinen tarkastelu

Koska AJT:n jätevesipäästöt tulevat monesta eri lähteestä ja vaihtelevat päivittäin tuotettujen tuotteiden ja tehtyjen työvaiheiden mukaan, on jätevesipäästöjen kehitystä hankalaa (tai haastavaa) seurata kuvaajista. Yhden toiminnon aiheuttama päästö voi helposti peittää alleen tehokkaankin toimenpiteen tuoman päästöäleneman. Lisäksi päästöt vaihtelevat huomattavasti vuodenajan ja tuotannossa olevien tuotteiden mukaan. Tämän vuoksi ei ole mielekästä seurata jätevesipäästöjen muuttumista yksittäisten toimenpiteiden jälkeen vaan järkevää olisi suorittaa kaikki mahdolliset toimenpiteet ja tarkastella seuraavana vuonna oliko vaikutus toivottu. Tällä hetkellä kannattanee siis arvioida päästövähennyksiä ja suorittaa niitä arvioiden pohjalta. Lisäksi monikaan toimenpide ei vaadi investointeja, joten ne voidaan toteuttaa joka tapauksessa.

9.1 Tulostaulukko

Liitteessä 7 on kappaleen 8 taulukko, johon on lisätty päästöjen vähennystavoitteet. Kokonaisvähennys voisi olla jopa 34 %. Taulukko tehtiin siirtämällä ensin rivi ”Selvittämättä” ja muut sellaiset rivit, joiden lähteeseen ei kohdistu toimenpidettä uuteen taulukkoon. Sen jälkeen siirrettiin yksittäinen solu kerrallaan uuteen taulukkoon arvioiden siihen kohdistuvien toimenpiteiden vaikutusta COD-kuormitukseen. Lopuksi eri osa-alueiden kuormat laskettiin yhteen ja saatiin uusi jätevesikuorma.

Taulukon kolme vasenta saraketta on lisätty edellisen liitteen taulukkoon ja niihin on arvioitu kappaleessa 8 esitettyjen toimenpiteiden vaikutusta jäteveden COD-kuormaan kyseisen rivin päästölähteessä. Vasemmanpuoleisin sarake esittää vähennysprosentin kyseisessä päästölähteessä. Vihreät solut kuvaavat tilannetta, jossa 90 % päästölähteen aiheuttamasta kuormasta on arvioitu poistuvan, keltaiset solut 50 – 90 % ja punaiset alle 50 % poistumaa.

Liitteen 7 taulukon tärkeimpinä havaintoina voidaan pitää seuraavia asioita: useita päästölähteitä saataisiin poistettua kokonaan (10 kpl), suurinta yksittäistä päästölähdettä (konttiasema: viinin ja viinan vastaanotto) voidaan pienentää yli 90 % ja kaikki vähennykset olisivat kohtuullisen suuria (pienin 20 %). Lisäksi suhteellisen monta asiaa voitaisiin vielä tarpeen vaatiessa parantaa.

Esitetyillä toimenpiteillä selvitettyjen jätevesilähteiden aiheuttamaa COD-kuormaa saataisiin valmistuksessa vähennettyä 70 %, pullotuksen puolella noin 49 % ja jätehuoneen kuormaa noin 48 %.

Liitteen 7 taulukossa ”Pullotus + muut”-kohdan alla oleva BIB (vuoto viinisäiliön täytössä) korjataan työstä riippumattomilla toimenpiteillä ja se poistuu kokonaan. Ongelmat näytteenotossa eivät toimenpiteiden jälkeen vääristäisi enää COD-kuorman mittausta. Tämän ansiosta jäteveden kuorman valvonta tarkentuu. On huomioitavaa, että vaikka esimerkiksi vessojen (asukasvastineluku) aiheuttamien COD-päästöjen osuus koko tehtaan kuormasta kasvaa, pysyy sen absoluuttinen kuorma silti samana.

9.2 Tulosten pohdintaa

Vuoden 2013 jälkeen AJT:n jätevesipäästöt ovat kasvaneet ja samalla ovat nousseet myös niiden käsittelystä aiheutuneet kulut. Altian jätevesikuutiosta maksama summa on kasvanut vuodesta 2013 1,8 kertaiseksi vuonna 2015.

Jos kaikki taulukon toimenpiteet saadaan toteutettua, voisivat jätevesikustannukset laskea noin 3 %. Samalla tärkeimmät toimenpiteet sekä henkilöstön koulutus ja tiedottaminen ehkäisevät piikkikuormitusta ja näin välttään päästörajojen ylityksiltä. Vaikka työssä on keskitytty lähes pelkästään jäteveden BOD-kuorman pienentämiseen, on huomioitava, että tuotteiden viemäriin pääsyn estäminen laskee myös muita ympäristöluvassa päästörajoja saaneita aineita kuin BOD-pitoisuutta. Erityisesti viinit ja mehut voivat sisältää

fosforia ja typpeä. Tämä myös vaikuttaa jäteveden käsittelykustannuksiin. Tämän vuoksi todellinen jätevesimaksujen pieneneminen on suurempi kuin 3 %.

Suurin osa esitetyistä toimenpiteistä ei vaadi suuria investointeja. Mausteiden uuton ja tislauksen jätevesien vähentämiseen tähtäävät toimenpiteet aiheuttavat suurimmat kustannukset. Alakerran jätevesisäiliön asennuksen investointikustannukset olivat samaa luokkaa kuin alunperin ulkona olleen säiliön yhden tyhjennyskerran kustannukset. Alakerran säiliön tyhjentämisen hinta on alle kymmenyksen tästä. Näin ollen alakerran jätevesisäiliön käyttö on huomattavasti edullisempaa kuin entisen ulkosäiliön. Säiliön tuoma hyöty kasvaa, jos tehdään mausteuuttojen aikataulutusta, jossa pahimmat saastuttajat kerättäisiin aina talteen. Jäteveden määrää vähentävä tyhjennysputken osastoinnin investointikustannukset ovat noin 5000 euroa ja sillä on tarkoitus pienentää jäteveden määrää jopa 75 %. Tämä tekisi alakerran säiliön käyttämisestä tehokkaampaa, sillä sinne mahtuisi neljän uuton jätevedet. Kuormittavimpien jätevesien kerääminen talteen myös vähentäisi jäteveden piikkikuormituksia. Tällöin todennäköisyys kuormituspiikin osumiselle viralliselle näytopäivälle pienenee ja virallisilta näytopäiviltä lasketun kuormituksen kuukausikeskiarvon virheellinen kasvu vähenee.

Matala-alkoholisten tuotteiden keräys auttaa jätevesikuorman vähentämisessä paljon, sillä se poistaa tuotteen aiheuttaman kuorman viemäristä ja ehkäisee jäteviinatislauksen päästöjä. Jäteviinatislauksessa tuotteista poistetaan alkoholi, joka ei pienellä alkoholin tilavuusprosentilla aiheuta kuin osan tuotteen kuormasta. Loppujen lopuksi talteen kerättäviä tuotteita on niin vähän, että ne mahtuvat jätevesisäiliön tyhjentävän auton kyytiin. Tällöin näiden tuotteiden kuljetuksesta ei aiheudu lisäkustannuksia.

On tärkeää huomioida, että päästöjä pitää vähentää joka paikassa, ei pelkästään tuotannossa. Koko tehtaan pitää sitoutua jätevesikuormituksen vähentämiseen. Näin ollen tästä eteenpäin on syytä kerätä myös laboratorioissa talteen kaikki jäteviina ja matala-alkoholiset tuotteet sekä sokerit, vaikka näiden vaikutus

kokonaispäästöön ei ole merkittävä. Niiden keräämisellä on sen sijaan vaikutusta yhdessä tekemisen tunteeseen. Lisäksi, kun yleinen toimintapa muutetaan periaatteesta: ”vähän voi päästä lattialle” periaatteeksi: ”ei päästetä mitään viemäriin”, voidaan säästää lisäksi esimerkiksi tuotesäiliön näytteenotossa, kun aiemmin on laskettu säiliöstä hetki tuotetta (usein lattialle), että saadaan edustava näyte.

Käytännössä tehtaalla vuotaa aina jokin venttiili tai hana. Vuotojen korjauksella voidaan vähentää COD-kuorman joutumista viemäriin. Aggressiivinen huolto ja korjaus voitaisiin toteuttaa esimerkiksi huoltopäivinä kerran kuukaudessa.

Online COD-mittaus auttaisi jätevesipäästöjen lähteiden selvitystä ja helpottaisi lupaehdoissa pysymistä. Nykyisin COD-mittauksen tulokset saadaan edellisen päivän kuormituksesta vasta kuluvana päivänä. Mahdollisen suuremman päästön ilmetessä joudutaan selvittämään mitä edellisenä päivänä on tapahtunut. Online COD-mittauksella voidaan todeta kahden minuutin viiveellä, että nyt jostain pääsee viemäriin jotain, mitä ei pitäisi. Toinen etu saavutetaan sillä, että kun huomataan uloslähtevän jäteveden COD-kuorman olevan matala, voidaan samalla laskea esimerkiksi 6 m³ säiliö tyhjäksi ilman haittoja. Säiliön tyhjennykset saataisiin näin optimoitua vieläkin tehokkaammin.

10 Johtopäätökset

Jätevesikuorman lähteiden hajanaisuus ympäri tehdasta aiheuttaa sen, että tehtaan jäteveden BOD-kuorman pienentäminen vaatii monia pieniä toimenpiteitä. Olisi todella hyvä tulos jos koko 34 % saataisiin vähennettyä. Kuten edellisessä kappaleessa mainittiin, kunnollisia tuloksia nähdään vasta kun aikaa on kulunut ja uudet käytännöt vakiintuvat ja keskikuormitus tasoittuu.

Työn tekemisen yhteydessä on myös selvinnyt se, että päästöjä tulee tällaisessa toiminnassa aina, joten niiden poistaminen täysin ei ole edes mahdollista. Päästöjä voidaan kuitenkin minimoida. Käytettäviä keinoja on monenlaisia. Ohjeistamalla, tiedottamalla ja pienin investoinnein on mahdollista vähentää suurenkin tehtaan jäteveden BOD-kuormaa. Jäteveden esikäsittely elintarviketehtaalla on joissain tapauksissa tärkeää, mutta mitä pienempänä esikäsittelyvaatimukset pidetään, sitä helpompi jätevedestä on päästä eroon.

Jätevesikuorman muodostumisen selvittämisessä tulee käydä läpi kaikki jätevesilähteet. Niiden aiheuttaman kuorman arviointia helpottaa huomattavasti, jos voidaan haastatella henkilöitä, jotka ovat töissä jätevesilähteellä.

Ennen jätevesilähteiden selvittämistä on hyvä varmistaa, että niiden aiheuttaman kuorman mittaaminen on kunnossa. Jos kuorma on todellisuudessa paljon pienempi, ei toimenpiteisiin tarvitse välttämättä lähteä. Toisaalta, jos todellinen kuorma on paljon suurempi, voi toimenpiteillä olla jo kiire.

Alkoholijuomatehtaan jätevesipäästöjen vertaaminen muihin laitoksiin kuten panimoihin, viinitiloihin tai tislaamoihin on suuntaa-antavaa. Kuten edellä mainituissa, myös alkoholijuomatehtaalla on sesonkiaikoja, vaihtelevia jätevesipäästöjä ja paljon jätevettä pesuista ja jäähdytyksistä. Alkoholijuomatehtaalla ei kuitenkaan varsinaisesti valmisteta tuotteita alusta alkaen. Yleensä valmiita komponentteja vain sekoitetaan keskenään ja niin syntyy

tuote. Mauste uutot ja tislaukset eivät vastaa tislamojen tislauksia, sillä ne tehdään vahvoista etanoliliuoksista.

Työn edetessä mietittiin myös mahdollisia toimenpiteitä tulevaisuutta varten. Toimenpiteitä kirjattiin ylös ja ennen suuria investointeja tätä listaa olisi tarkoitus katsoa ja päättää, onko näiden toimenpiteiden aika.

Listalle päätyivät bioenergian tuotto uutosjätteestä ja muusta tehtaasta biojätteestä, possutusjärjestelmän hankkiminen tehtaalle, uutosprosessin korvaaminen ylikriittisellä hiilidioksiduutolla ja online COD-mittaus.

Tulevaisuudessa muun muassa asiakkaiden valveutuneisuuden ja ympäristötietouden kasvaessa, tulevat vesijalanjälki-, hiilijalanjälki- ja muut LCA-selvitykset (*engl.* Life Cycle Analysis) varmasti ajankohtaisiksi. Tällä hetkellä tärkein jatkotutkimusaihe on kuitenkin teknisen etanolin jätevesien COD-kuorman pienentämiseen tähtäävä tutkimus.

Jatkotutkimuksissa olisi hyvä selvittää jäteviinatislauksen lankkiveden talteenottoa ja hyötykäyttöä.

11 Yhteenveto

Työn tarkoituksena oli selvittää AJT:n jätevesilähteitä sekä pienentää niiden aiheuttamaa COD-kuormaa.

Työ tehtiin selvittämällä ensin jäteveden COD-kuorman jakautuminen tehtaan sisällä alueisiin, minkä jälkeen alueiden eri toimintojen aiheuttama kuorma selvitettiin tai arvioitiin. Lisäksi tarkastettiin jäteveden näytteenotto, jotta saadut tulokset olisivat edustavia.

Suurin yksittäinen kuormittaja tehtaalla on nesteraaka-aineiden vastaanotto, joka vastaa jopa 19 % tehtaan koko COD-kuormasta. Tehtaan osastoista kuormittavin oli valmistusosasto (63 %). Nesteraaka-aineiden vastaanotto sisältyy valmistusosaston kuormaan. Jätevesilähteitä on tehtaalla monia. Lähes kaikista toiminnoista aiheutuu jätevesiä ja jäteveden sisältämän COD-kuorman suurin aiheuttaja on etanoli.

Jätevesien ja niiden sisältämän COD-kuorman vähentämistä varten kehitettiin toimenpiteitä, joista kaksi vaati pieniä investointeja ja loput olivat työtapojen, ohjeistuksien ja käytäntöjen muutoksia. Investointeja tehtiin mausteuton ja tislauksen jätevesien talteen keräämiseksi sekä yhden vesiyhteen jatkamiseksi nesteraaka-aineiden vastaanotossa. Uusia ohjeistuksia annettiin muun muassa matala-alkoholisten tuotteiden talteen keräämisestä. Käytännöissä muutos tehtiin tapaan toimia: alkoholijuomien pääsy viemäriin on estettävä tehokkaammin joka tilanteessa. Henkilöstölle myös tiedotettiin jätevesiongelmasta ja sen mahdollisista seuraamuksista.

Jätevesilähteet ja niistä aiheuttamat kuormat kerättiin taulukkoon. Sen jälkeen taulukkoon lisättiin arviot kyseisiin jätevesilähteisiin kohdistuvien toimenpiteiden vaikutuksesta päästöön.

Tehtyjen ja suunniteltujen toimenpiteiden aikaansaama jäteveden COD-kuorman pienentyminen voisi olla jopa 34 %, jos kaikki ehdotetut toimenpiteet tehdään ja

ne onnistuvat arvioidulla tehokkuudella. Toimenpiteiden tuoma säästö jätevesimaksuihin ei ole kovin suuri. Niiden avulla voidaan kuitenkin välttää AJT:n aiheuttaman COD-kuorman nouseminen niin korkealle, että tehdasalueen ympäristöluvassa määrätyt luparajat ylittyisivät ja viranomainen puuttuisi tilanteeseen.

12 Lähteet

Teollisuuden jätevedet. 1972. Helsinki: INSKO.

ANON, 2016a-last update, ALTIAN VASTUULLISUUSRAPORTTI 2015 [Homepage of Altia Oyj], [Online]. Available: <http://responsibilityreport.altiacorporation.com/wp-content/themes/altia-foundation/images/Altia-vastuullisuusraportti-2015-110416.pdf> [4/12, 2016].

ANON, 2016b-last update, **Klaukkalan keskuspuhdistamo**. Available: http://www.nurmijarvi.fi/kuntatieto_ja_paatöksenteko/liikelaitokset/nurmijarven_vesi/asiointi/jateveden_puhdistus [5/5, 2016].

ANON, 2016c-last update, Ympäristönsuojelulaki. Available: [http://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527?search\[type\]=pika&search\[pika\]=ymp%C3%A4rist%C3%B6nsuojelulaki%20#L21](http://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527?search[type]=pika&search[pika]=ymp%C3%A4rist%C3%B6nsuojelulaki%20#L21) [6/21, 2016].

ANON, 2006-last update. Available: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/fdm_bref_0806.pdf [3/1, 2015].

ANON, 2002-last update. Available: <http://www.cerveceros.org/pdf/CBMCguidance-note.pdf> [2016].

ARVANITOYANNIS, I.S., 2008. *Waste Management for the Food Industries*. Elsevier.

ASHURST, P.R. and HARGITT, R., cop. 2009. *Soft drink and fruit juice problems solved*. Cambridge, England: Woodhead Pub.

BELTRÁN, F.J., ÁLVAREZ, P.M., RODRÍGUEZ, E.M., GARCÍA-ARAYA, J.F. and RIVAS, J., 2001. Treatment of High Strength Distillery Wastewater (Cherry Stillage) by Integrated Aerobic Biological Oxidation and Ozonation. *Biotechnology progress*, **17**(3), pp. 462-467.

CHIN, D.A., cop. 2006. *Water-quality engineering in natural systems*. Hoboken, N.J: Wiley-Interscience.

CORTEZ, L., FREIRE, W. and ROSILLO-CALLE, F., 1999. Biodigestion of vinasse in Brazil. *Indian Sugar*, **48**(10), pp. 827-837.

DUARTE, E. and NETO, I., 1996. Evaporation phenomenon as a waste management technology. *Water Science and Technology*, **33**(8), pp. 53-61.

FILLAUDEAU, L., BLANPAIN-AVET, P. and DAUFIN, G., 2006. Water, wastewater and waste management in brewing industries. *Journal of Cleaner Production*, **14**(5), pp. 463-471.

FRANCE, I., 2000. les filières d'épuration des effluents vinicoles. *ITV France, Paris*, .

GARCIA-CALDERON, D., BUFFIERE, P., MOLETTA, R. and ELMALEH, S., 1998. Anaerobic digestion of wine distillery wastewater in down-flow fluidized bed. *Water research*, **32**(12), pp. 3593-3600.

GRAY, N.F., 2005. *Water technology : an introduction for environmental scientists and engineers*. 2nd ed. edn. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.

HAMMER, M. and HAMMER, M.J., 2003. *Water and wastewater technology*. 5th ed. edn. Upper Saddle River (NJ): Prentice Hall.

HERZKA, A., 1981. *Food industry wastes: disposal and recovery : org. by the Association of Consulting Scientists and held in Norwich, UK, from 11 to 13 Nov. 1980*. London: Applied Science.

ISOAHO, S. and VALVE, M., 1988. *Vesikemian perusteet*. 2. tark. p. edn. Espoo: Otakustantamo.

KAUKINEN, M., NYLUND, M. and SIIKALA, P., 1988. *ALKOHOLIJUOMIEN KÄSIKIRJA 1 Miedot alkoholijuomat*. Uusikaupunki: Restamark.

KAUKINEN, M., NYLUND, M. and SIIKALA, P., 1986. *ALKOHOLIJUOMIEN KÄSIKIRJA 2 Väkevät alkoholijuomat*. Helsinki: Ravintololoitsijain Liiton Kustannus Oy.

KLEMEŠ, J., SMITH, R. and KIM, J., 2008. *Handbook of Water and Energy Management in Food Processing*. Woodhead Publishing.

KOKKONEN, T., 2011. *Ympäristölainsäädäntö 2011*. Helsinki: Talentum Media.

KRZYWONOS, M., CIBIS, E., MIŚKIEWICZ, T. and KENT, C.A., 2008. Effect of temperature on the efficiency of the thermo- and mesophilic aerobic batch biodegradation of high-strength distillery wastewater (potato stillage). *Bioresource technology*, **99**(16), pp. 7816-7824.

LAMMINMÄKI, A., 1999. *Jäteveden käsittelymenetelmien vertailu elintarviketeollisuudessa : kalvo- ja haihdutustekniikan mahdollisuudet*. Mikkeli: Ympäristötekniikan instituutti.

LAUKKANEN, T., DAHL, O. and MARTIKKA, M., 2013. *Teollisuuden ympäristöasioiden hallinta*. [Espoo]: Aalto yliopisto, Kemiantekniikan korkeakoulu, Puunjalostustekniikan laitos, Puhtaat teknologiat.

LINDBERG, H., 2013. *Teollisuusjätevesiöpas : asumajätevesistä poikkeavien jätevesien johtaminen viemäriin*. 3. p. edn. Helsinki: Suomen Vesilaitosyhdistys ; Helsingin seudun ympäristöpalvelut.

MÄÄTTÄ, R., 1978. *Vesiensuojelun kemia ja biologia*. 2. [Espoo]: Otakustantamo.

MOLL, M. and DE BLAUWE, J., 1991. *Bieres (alcoolisees, a faible teneur ou sans alcool) et coolers: definition, fabrication, composition*.

NYLUND, M., ed, 1984. *ALKOHOLIJUOMAOPAS*. 2 edn. Helsinki: Kunnallispaino Oy.

PICOT, B. and CABANIS, J., 1998. Caractérisation des effluents vinicoles: évolution des charges polluantes de deux caves vinicoles du sud de la France sur deux cycles annuels. *2eme congrès international sur le traitement des effluents viticoles*, , pp. 321-326.

PUOLAMAA, M. and MÄÄTTÄ, P., 1995. *Teollisuuden jätevedet : jätevesitilasto : yleiseen viemärlaitokseen johdettujen teollisuuden jätevesien laatu*. Helsinki: Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto.

SENEVIRATNE, M., 2007. *A practical approach to water conservation for commercial and industrial facilities*. Amsterdam: Elsevier/Butterworth-Heinemann.

TCHOBANOGLOUS, G. and BURTON, F.L., 1991. *Wastewater engineering : treatment, disposal, and reuse*. 3rd ed. edn. New York (NY): McGraw-Hill.

WOODARD & CURRAN, I., 2006. *Industrial Waste Treatment Handbook (2nd Edition)*. Elsevier.

LIITE 1: Alkoholijuomatehtaan jäteveden COD-kuorma

Alkoholijuomatehdas					Altia JV-pumppaamo P6			Lankkivesi			
Päivä	Q (m³)	COD (mg/l)	COD (kg/d)	AJT/P6 (%)	Q (m³)	COD (mg/l)	COD (kg/d)	Q (m³)	COD (mg/l)	COD (kg/d)	Jäteviina-tislaus
1	43	1560	67	16,14	702	592	416	10	38695	387	
2	65	1560	101	32,56	526	592	311			0	
3	110	4890	538	109,38	372	1322	492			0	x
4	119	4540	540	31,33	826	2088	1725			0	x
5	170	5830	991	49,95	871	2278	1984			0	x
6	121	4750	575	35,65	977	1650	1612			0	x
7	118	1750	207	29,76	805	862	694			0	x
8	39	1750	68	9,28	853	862	735			0	
9	79	1750	138	26,82	598	862	515			0	
10	167	2630	439	34,03	680	1898	1291			0	x
11	168	6050	1016	44,30	741	3096	2294			0	x
12	167	5700	952	54,98	758	2284	1731			0	
13	188	4120	775	49,21	928	1696	1574			0	
14	193	3270	631	90,70	758	918	696	5	45624	228	
15	37	3270	121	21,50	613	918	563	10	49776	498	
16	63	3270	206	27,27	823	918	756	8	46548	372	
17	138	1950	269	25,12	824	1300	1071	7	46548	326	x
18	179	2390	428	30,81	718	1934	1389	7	46548	326	x
19	208	4090	851	66,44	632	2026	1280	16	23952	383	x
20	190	5790	1100	94,98	759	1526	1158	26	23538	612	x
21	137	3910	536	51,86	821	1258	1033	27	22404	605	x
22	41	3910	160	20,65	617	1258	776	27	22188	599	x
23	59	3910	231	21,22	864	1258	1087	27	23388	631	x

LIITE 1: Alkoholijuomatehtaan jäteveden COD-kuorma

24	169	3760	635	59,11	666	1614	1075	27	23388	631	x
25	153	7010	1073	94,22	796	1430	1138	27	23388	631	x
26	139	6160	856	102,10	854	982	839	26	22296	580	
27	160	3880	621	77,01	845	954	806	24	22320	536	
28	109	4750	518	94,19	730	753	550	21	22175	466	
29	28	4750	133	25,34	697	753	525	21	23060	484	
30	61	4750	290	60,50	636	753	479			0	
31	137	3010	412	54,06	928	822	763			0	x
Yht.	3755		15478		23218		31357	316		8296	
KA	QAJT/QP6			AJT/P6 (%)							
	16,2 %			59,57							

LIITE 2: Neutralointihuoneen kautta kulkevan jäteveden COD-kuorma

Säiliö nro									
	1	2	3	4	5	6			
pvm	COD-mittauksen tulos, mg/l								
20.10.		9038	10418	10368		9941			
21.10.									
22.10.				8937	8187	4286			
23.10.		9335	6806						
24.10.									
25.10.									
26.10.	5675	2120		8272	3275	4585			
27.10.			8430	5295					
28.10.	4599	6122			5655	6735			
29.10.			1839	589	2067				
30.10.	1348					11466			
31.10.									
	COD kuomat, kg								
pvm	COD-kuorma, kg						YHT. neutr.	AJT	neutr/ AJT, %
20.10.		167,20	192,73	191,81		183,91	735,66	1207,33	60,93
21.10.									
22.10.				165,33	151,46	79,29	396,09	718,07	55,16
23.10.		172,70	125,91				298,61	444,94	67,11
24.10.									
25.10.									
26.10.	104,99	39,22		153,03	60,59	84,82	442,65	658,18	67,25
27.10.			155,96	97,96			253,91	231,40	109,73
28.10.	85,08	113,26			104,62	124,60	427,55	424,80	100,65
29.10.			34,02	10,90	38,24		83,16	392,33	21,20
30.10.	24,94					212,12	237,06	377,21	62,85
31.10.							KA, %		62,66

LIITE 3: Mausteuttojen ja tislausten aiheuttama COD-kuorma

Testi nro	1	2	3	4	Vuosikuormat		
Jäteveden määrä, m ³	8	7	8	1,4	Uuttojen kuorma	Tislausten kuorma	Piimaa
COD, mg/l keskiarvo	105000	99500	94000	93700	11762	3935,4	3600
Uuttoa, kpl	2	3	4	1	AJT	Kuormat/AJT, %	
COD, kg	840	697	752	131	206829	9,64	
Kuorma/uutto, kg	420	232	188	131			

LIITE 4: Alkoholijuomatehtaan etanolipäästöt

Alkoholijuomatehdas					
Päivä	Q (m ³)	COD (mg/l)	COD (kg/d)	V/V-% Etanoli	Etanoli, kg
1	175	4368	764	0,26	359,0
2	272	1954	531	0,095	203,9
3	163	2868	467	0,15	192,9
4	192	3456	664	0,18	272,7
		Etanolin aiheuttama COD- kuorma	COD-EtOH/COD- kok, %	EtOHAJT/EtOHP6, %	
1		746,7	98	54	
2		424,1	80	52	
3		401,3	86	49	
4		567,2	85	89	
Altia JV-pumppaamo P6					
	Q (m ³)	COD (mg/l)	COD (kg/d)	V/V-% Etanoli	Etanoli, kg
1	1285	1510	1940	0,066	669,2
2	1189	961	1143	0,042	394,0
3	941	1259	1185	0,053	393,5
4	863	993	857	0,045	306,4
		Etanolin aiheuttama COD- kuorma	COD-EtOH/COD- kok, %		
1		1391,8	72		
2		819,5	72		
3		818,5	69		
4		637,3	74		

LIITE 5: Neutralointihuoneen etanolipäästöt

Säiliö nro							
1801	0,25	0,21	0,25	0,07			
1802	0,18	0,06	0,38				
1803	0,49	0,11	0,08				
1804	0,37	0,27	0,50	0,03	0,57		
1805	0,30	0,12	0,36				
1806	0,34	0,20	0,11	0,67	0,27		
						Keskiarvo	0,27
						Keskimääräinen päästö,kg	39,28
						Keskimääräisen CODkg	81,71
						Keskimääräinen päiväkuorma	272,09409

LIITE 6: Alkoholiuomatehtaan jätevesipäästöjen lähteet ja osuudet

Osasto/toiminto	Päästölähde	Määrä, kg/kk	Tehtaan kuormasta, %
Jätehuone		1608	9,6
	Vedenkäyttö tyhjennyksissä	1308	81,3
	Piimaa	300	18,7
Valmistus (uusi)		10452	62,7
	Vuovat venttiilit/hanat/koneet/yms	30	0,3
	Vastaanotto: viini	1981	19,0
	Vastaanotto: viina	1178	11,3
	Näytteenotto/määrän tarkistus	50	0,5
	Putkien pirtutus	460	4,4
	Selvittämättä	5529	52,9
	Suodatukset		
	Patruuna	353	3,4
	Levy	60	0,6
	CrossFlow	84	0,8
	kylmäkäsittely	18	0,2
	piimaa	30	0,3
	Toffola	18	0,2
	Pesut		
	huuhtelut	176	1,7
	suodattimet	334	3,2
	BIB	140	1,3
	Siirrot	NA	
	Lastaukset	12	0,1
Pullotus + muut		4627	27,7
	Tuotevaihdot	922	19,9
	Tynnyrivaraston vuotavat tynnyrit	10	0,0
	Ratavoitelu	245	5,3
	Robotilla hajoavat laatikot/lavat	107	2,3
	Roiskeet/kolarit/satunnaiset kaadot	100	2,2
	Vuovat venttiilit/hanat/koneet/yms	150	3,2
	Selvittämättä	1898,4	41,0
Valmistus (vanha)			
	Suodatukset	NA	
	Siirrot muualle kuin sarjoille	NA	
	Tislaukset, ei jätehuoneeseen	NA	
BIB			
	Vuoto viinisäiliön täytössä	650	14,0
Hävitettävät tuotteet		168	3,6
Näytteenotto			
	Astioiden pesu	300,0	1,8 ^b

LIITE 6: Alkoholijuomatehtaan jätevesipäästöjen lähteet ja osuudet

	Mittaustekniikka	+/-360,0	+/-2,2 ^b
	Näytteiden säilytys	NA	
Tuotekehitys ja laadunvalvontalaboratorio			
	0% ja kermat + sokerit yms	10	0,2
Vessat			
	Asukasvastineluku	367,5	7,9
		YHTEENSÄ	
		kg	%
		16687,3	100,0

^a Määrän arviointia ei ole, vaikea arvioida

^b Koko tehtaan kuormasta

Osasto/toiminto	Päästölähde	Määrä, kg/kk	Tehtaan kuormasta, %	Määrä, kg/kk	Tehtaan kuormasta, %	Muutos, %
Jätehuone		1608	9,6	831	7,6	48,32
	Vedenkäyttö tyhjennyksissä	1308	81,3	681	81,9	47,94
	Piimaa	300	18,7	150	18,1	50,00
Valmistus		10452	62,7	6980	63,6	33,22
	Vuovat venttiilit/hanat/koneet/ym	30	0,3	15	0,2	50,00
	Vastaanotto: viini	1981	19,0	141	2,0	92,90
	Vastaanotto: viina	1178	11,3	89	1,3	92,43
	Näytteenotto/määrän tarkistus	50	0,5	0	0,0	100,00
	Putkien pirtutus	460	4,4	0	0,0	100,00
	Selvittämättä	5529	41,7	5529	79,2	26,31
	Suodatukset					
	Patruuna	353	3,4	353	5,1	0,00
	Levy	60	0,6	60	0,9	0,00
	CrossFlow	84	0,8	84	1,2	0,00
	kylmäkäsittely	18	0,2	18	0,3	0,00
	piimaa	30	0,3	30	0,4	0,00
	Toffola	18	0,2	18	0,3	0,00
	Pesut					
	huuhtelut	176	1,7	176	2,5	0,00
	suodattimet	334	14,4	334	4,8	0,00
	BIB	140	1,3	140	2,0	0,00
	Siirrot	NA		NA		

	Lastaukset	12	0,1	12		0,00
Pullotus + muut		4627	27,7	3157	28,8	31,76
	Tuotevaihdot	922	19,9	922	29,2	0,00
	Tynnyrivaraston vuotavat tynnyrit	10	0,0	0	0,0	100,00
	Ratavoitelu	245	5,3	195	6,2	20,38
	Robotilla hajoavat laatikot/lavat	107	2,3	0	0,0	100,00
	Roiskeet/kolarit/satunnaiset kaadot	100	2,2	0	0,0	100,00
	Vuovat venttiilit/hanat/koneet/yms	150	3,2	75	2,4	50,00
	Selvittämättä	1598,4	34,5	1598	50,6	16,08
Valmistus (vanha puoli)						
	Suodatuksat	NA				
	Siirrot muualle kuin sarjoille	NA				
	Tislaukset, ei jätehuoneeseen	NA				
BIB						
	Vuoto viinisäiliön täytössä	650	14,0	0	0,0	100,00
Hävitettävät tuotteet		168	3,6	0	0,0	100,00
Näytteenotto						
	Astioiden pesu	300,0	1,8 ^b	0,0	0,0	100,00
	Mittaustekniikka	360,0	+/-2,2 ^b	0,0	0,0	100,00
	Näytteiden säilytys	NA		NA		
Tuotekehitys ja laadunvalvontalaboratorio						
	0% ja kermat + sokerit yms	10	0,2	0	0,0	100,00
Vessat						

	Asukasvastineluku	367,5	7,9	367,5	11,6	0,00
		YHTEENSÄ		YHTEENSÄ		
		kg	%	kg	%	
		16687,3	100,0	10968,7	100,0	34,27

^{NA} Määrän arviointia ei ole, vaikea arvioida

^b Koko tehtaan kuormasta